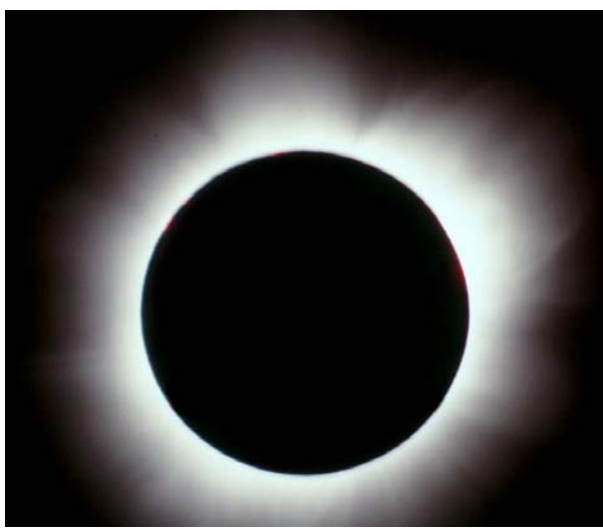




GUÍA PARA LA OBSERVACIÓN DEL

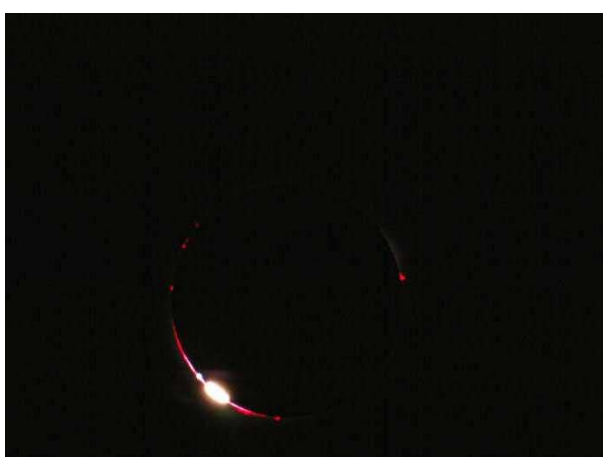


ECLIPSE TOTAL DE SOL DEL 01-08-2008

DESDE NOVOSIBIRSK (RUSIA),

DESDE EL CAMPAMENTO DE YIWU (CHINA)

Y DESDE BULGAN (MONGOLIA)



[Página dejada intencionadamente en blanco]

ECLIPSE TOTAL DE SOL DEL 01 AGOSTO 2008

En 2008 habrá cuatro eclipses, dos de Sol centrales y dos de Luna, uno central y otro no-central, correspondientes a los saros 121, 133, 126 y 138, respectivamente. Ninguno de los de Sol será visible desde España y de los de Luna solamente el primero será visible en su integridad. Las fechas de las estaciones de eclipses serán las siguientes:

TABLA I		
Nodo lunar orientado al Sol	Edad de la lunación	Distancia al perigeo
Ascendente: 18 de Febrero	12 días	056° 21' 36"
Descendente: 9 de Agosto	8 días	156° 36' 00"

La estación del 9 de Agosto tendrá lugar a mitad de camino entre el solsticio estival y el equinoccio otoñal, en un punto de la eclíptica en el que su inclinación con respecto a los paralelos celestes es intermedia, o sea, 17 grados. La fase de la Luna será cuarto creciente y su distancia al apogeo menor que al perigeo. La fecha del eclipse de Sol será el 1 de Agosto (saros 126) y la del de Luna, el 16 de Agosto (saros 138).

Eclipse total de Sol del 1 de Agosto:

El primer eclipse de la segunda estación tendrá lugar cuando la distancia de la Luna al nodo descendente sea moderada ($< 9^\circ$), de modo que el eje de la sombra pasará no muy lejos del centro de la Tierra ($\gamma \approx 0,83$). Por tanto, será central y el evento corresponderá a la segunda mitad del saros 126, en el que hará el número 47, como antepenúltimo eclipse central del ciclo. Con estas premisas, se puede predecir que la sombra de la Luna se proyectará sobre latitudes moderadas del hemisferio Norte terrestre.

La distancia de la Luna al perigeo ($< 40^\circ$) dará lugar a una paralaje suficientemente alta ($\pi \approx 3575''$) para que el tamaño angular de la Luna supere al del Sol y el eclipse sea total.

ECLIPSE TOTAL DE SOL DEL 1 DE AGOSTO DE 2008

TABLA II: DATOS GENERALES	
Fecha	Viernes, 1 de Agosto de 2008
Hora Universal	10:20:42
Día Juliano	2454680
Latitud del punto central	65° 38' 24" N
Longitud del punto central	72° 20' 24" E
Clase de eclipse	Total
Duración de la totalidad	-2:27
Magnitud	1,039
Gamma	0,8304
ΔT	1,45 min.
Saros	126
Número relativo	47 de 72

TABLA III: DATOS ORBITALES			
DEL SOL		DE LA LUNA	
Ascensión Recta	08h 47m 54s	Ascen. Recta	08h 49m 09s
Declinación	17° 51' 57" N	Declinación	18° 38' 01" N
Latit. Eclípt.	00° 00' 00,4" N	Latit. Eclípt.	00° 49' 08" N
Long. Eclípt.	129° 32' 09"	Long. Eclípt.	129° 36' 54"
Distancia (UA)	1,014947	Paralaje	3574.95
Edad estación	-8 días	Dist. al nodo	-08° 54' 18"

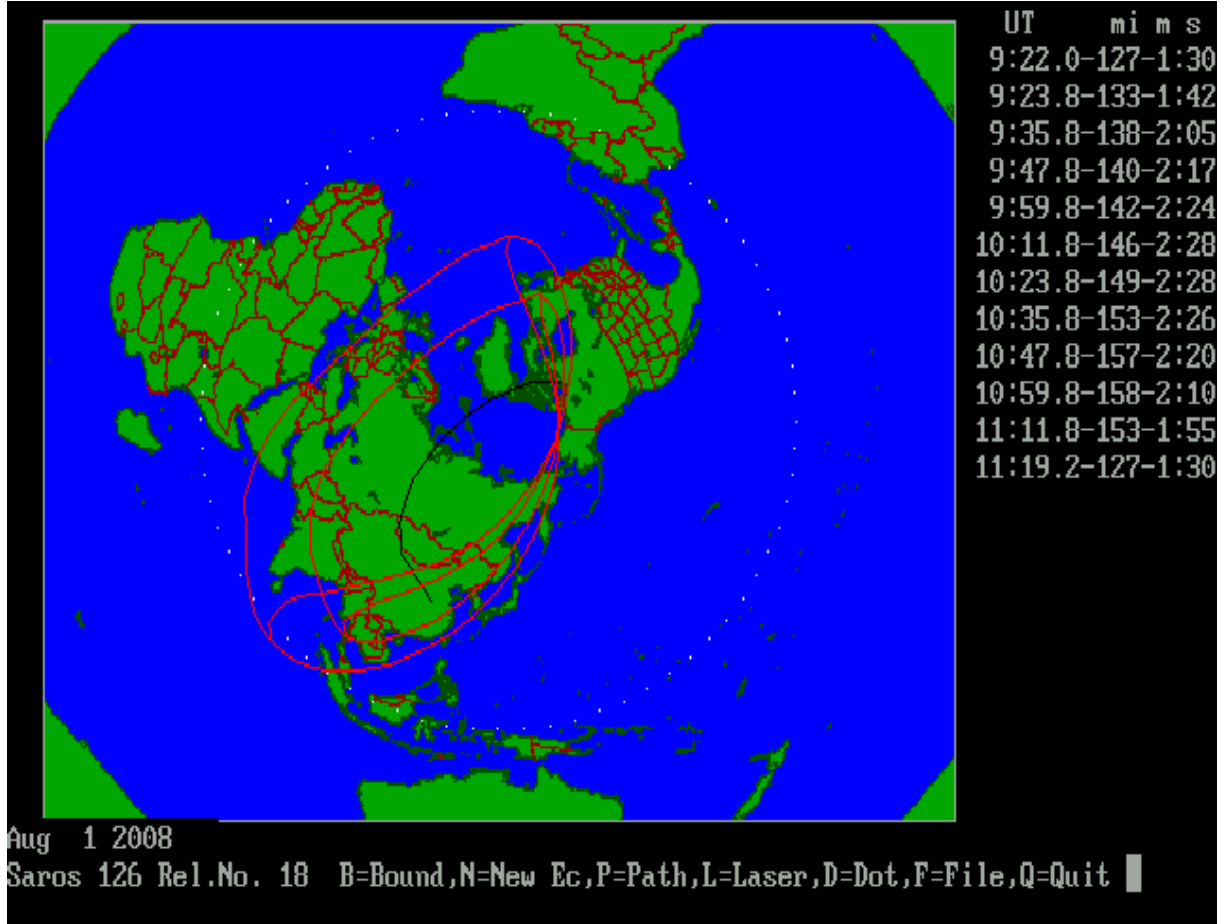
TABLA IV: COEFICIENTES DE BESSEL		
2454680	2008	8
1	9	
2,41579968058408D-02	-0,426644806207513	0,528655811243606
-3,90986824335832D-05	-8,1332256372998D-06	1,052605150732100
-0,202203893920316	-1,6098390631844D-04	3,30754148961052D-06
-7,99111755313587D-03	1,34536920195193D-04	-1,19825332720988D-05
3,25668035444548D-09	0,545877084595540	17,877710226041100
-1,01206808682584D-02	-46,576419973252100	15,002013421970000
4,60653555145463D-03	4,58358954111141D-03	

TABLA V: LÍNEA CENTRAL						
HORA UNIVERSAL	LATITUD	LONGITUD	ANCHURA (Km)	DURACIÓN m:ss	ALTURA	TIEMPO M. LOCAL
09:22:12	68° 15' 36" N	102° 57' 36" O	-206	-1:30	00° 00'	02:30:18
09:22:30	71° 10' 12" N	097° 24' 36" O	-210	-1:35	03° 30'	02:52:54
09:34:30	83° 24' 36" N	033° 54' 36" O	-221	-2:03	19° 48'	07:18:54
09:46:30	81° 15' 36" N	033° 31' 48" E	-224	-2:16	26° 36'	12:00:42
09:58:30	75° 45' 00" N	056° 19' 48" E	-228	-2:23	30° 42'	13:43:54
10:10:30	70° 12' 36" N	066° 37' 48" E	-232	-2:27	32° 54'	14:37:06
10:22:30	64° 49' 48" N	073° 13' 12" E	-237	-2:27	33° 30'	15:15:24
10:34:30	59° 31' 48" N	078° 28' 12" E	-243	-2:25	32° 30'	15:48:24
10:46:30	54° 11' 24" N	083° 25' 48" E	-248	-2:19	29° 48'	16:20:18
10:58:30	48° 34' 48" N	088° 57' 36" E	-251	-2:10	25° 06'	16:54:24
11:10:30	42° 10' 48" N	096° 39' 00" E	-244	-1:56	17° 12'	17:37:12
11:19:36	33° 27' 36" N	113° 57' 36" E	-199	-1:28	00° 00'	18:55:30

Cola de la línea central, con intervalo de 2 minutos.

TABLA VI: LÍNEA CENTRAL						
HORA UNIVERSAL	LATITUD	LONGITUD	ANCHURA (Km)	DURACIÓN m:ss	ALTURA	TIEMPO M. LOCAL
09:50:00	79° 44' 24" N	42° 39' 00" E	-225	-2:18	28° 00'	12:40:36
09:52:00	78° 49' 12" N	46° 43' 48" E	-226	-2:19	28° 42'	12:58:54
09:54:00	77° 53' 24" N	50° 10' 12" E	-226	-2:21	29° 24'	13:14:42
09:56:00	76° 57' 00" N	53° 07' 12" E	-227	-2:22	30° 00'	13:28:30
09:58:00	76° 00' 36" N	55° 41' 24" E	-228	-2:23	30° 36'	13:40:42
10:00:00	75° 04' 48" N	57° 56' 24" E	-228	-2:24	31° 06'	13:51:48
10:02:00	74° 08' 24" N	59° 57' 00" E	-229	-2:24	31° 30'	14:01:48
10:04:00	73° 12' 36" N	61° 45' 00" E	-230	-2:25	31° 54'	14:11:00
10:06:00	72° 17' 24" N	63° 23' 24" E	-230	-2:26	32° 18'	14:19:30
10:08:00	71° 22' 12" N	64° 25' 48" E	-231	-2:26	32° 36'	14:27:30
10:10:00	70° 27' 36" N	66° 16' 12" E	-232	-2:27	32° 54'	14:35:06
10:12:00	69° 33' 00" N	67° 39' 00" E	-233	-2:27	33° 06'	14:42:12
10:14:00	68° 38' 24" N	68° 45' 00" E	-233	-2:27	33° 18'	14:49:00
10:16:00	67° 44' 24" N	69° 25' 48" E	-234	-2:27	33° 24'	14:55:30
10:18:00	66° 51' 00" N	70° 57' 36" E	-235	-2:27	33° 30'	15:01:48
10:20:00	65° 57' 36" N	71° 58' 48" E	-236	-2:27	33° 30'	15:07:54
10:22:00	65° 04' 12" N	72° 57' 36" E	-237	-2:27	33° 30'	15:13:48
10:24:00	64° 10' 48" N	73° 54' 00" E	-238	-2:27	33° 30'	15:19:36
10:26:00	63° 18' 00" N	74° 48' 36" E	-239	-2:27	33° 24'	15:25:12
10:28:00	62° 25' 12" N	75° 41' 24" E	-240	-2:27	33° 18'	15:30:48
10:30:00	61° 32' 24" N	76° 33' 36" E	-241	-2:26	33° 06'	15:36:12
10:32:00	60° 39' 36" N	77° 24' 00" E	-242	-2:26	32° 54'	15:41:36
10:34:00	59° 46' 48" N	78° 14' 24" E	-243	-2:25	32° 36'	15:47:00
10:36:00	58° 53' 24" N	79° 04' 12" E	-244	-2:24	32° 18'	15:52:18
10:38:00	58° 00' 36" N	79° 53' 24" E	-245	-2:24	31° 54'	15:57:30
10:40:00	57° 07' 12" N	80° 42' 36" E	-245	-2:23	31° 30'	16:02:48
10:42:00	56° 13' 48" N	81° 31' 48" E	-246	-2:22	31° 06'	16:08:06
10:44:00	55° 20' 24" N	82° 21' 36" E	-247	-2:21	30° 30'	16:13:24
10:46:00	54° 26' 24" N	83° 12' 00" E	-248	-2:20	30° 00'	16:18:48
10:48:00	53° 31' 48" N	84° 03' 00" E	-249	-2:18	29° 24'	16:24:12
10:50:00	52° 37' 12" N	84° 55' 12" E	-250	-2:17	28° 42'	16:29:42
10:52:00	51° 41' 24" N	85° 48' 36" E	-250	-2:16	28° 00'	16:35:12
10:54:00	50° 45' 36" N	86° 43' 48" E	-251	-2:14	27° 12'	16:40:54
10:56:00	49° 48' 36" N	87° 40' 48" E	-251	-2:12	26° 18'	16:46:42
10:58:00	48° 51' 00" N	88° 40' 12" E	-251	-2:11	25° 24'	16:52:42
11:00:00	47° 52' 12" N	89° 43' 12" E	-251	-2:09	24° 24'	16:58:54
11:02:00	46° 51' 36" N	90° 49' 12" E	-251	-2:07	23° 18'	17:05:18
11:04:00	45° 50' 24" N	92° 00' 00" E	-250	-2:04	22° 06'	17:12:00
11:06:00	44° 46' 12" N	93° 16' 12" E	-249	-2:02	20° 42'	17:19:06
11:08:00	43° 40' 12" N	94° 39' 36" E	-247	-1:59	19° 18'	17:26:36
11:10:00	42° 30' 36" N	96° 12' 00" E	-245	-1:56	17° 42'	17:34:48
11:12:00	41° 17' 24" N	97° 56' 24" E	-242	-1:53	15° 48'	17:43:48
11:14:00	39° 57' 36" N	99° 59' 24" E	-237	-1:49	13° 42'	17:54:00
11:16:00	38° 27' 36" N	102° 31' 48" E	-231	-1:45	11° 00'	18:06:06
11:18:00	36° 36' 36" N	106° 07' 12" E	-222	-1:39	07° 24'	18:22:30

MAPAMUNDI



La línea de la totalidad, de 26000 Km de longitud, arrancará de la isla Victoria, en el Norte de Canadá, tocará el extremo boreal de Groenlandia para rodear el Polo Norte y cruzar al Norte de las islas Svalbard, atravesar el Mar de Barents, cruzar Nueva Zembla y penetrar en Siberia por la península de Yamal. Desde allí bajará paralelamente al río Obi hacia Mongolia y penetrará en China, cruzándola de NO a E, pasando al Sur de la ciudad de Xi'an para terminar 150 Km al Sur de Zhengzhou.



Figura 1: Vista de la Tierra desde el Sol en el máximo del eclipse.

MAPA LOCAL



Desplazándose a 3500 Km/h, la ancha banda de la totalidad (250 Km) cruzará la llanura de Siberia occidental entre los ríos Obi y Yenisei, bordeará Mongolia por el Oeste y se adentrará en el desierto del Gobi, para torcer hacia levante y atravesar China. La ciudad de Novosibirsk (latitud 55° 02' N, longitud 82° 56' E y altitud 177 m) estará excelentemente situada en el centro de la totalidad, para la observación del eclipse.

Las condiciones de visibilidad desde este enclave serán las que indica la Tabla VII.

TABLA VII

VISIBILIDAD DESDE NOVOSIBIRSK									
Hora Un	Mag	Sup	An pos S	An pos L	Alt	Acim	Dur	D _s /D _L	Ang Hor
09:40:54	0,000	0,000	298° 24'	265° 54'	38° 48'	243° 30'	-	1,041	03h 06m 18s
10:44:48	1,017	1,000	208° 00'	171° 42'	30° 12'	257° 42'	-2:19	1,038	04h 10m 11s
11:44:42	0,000	0,000	117° 24'	080° 12'	21° 36'	270° 24'	-	1,036	05h 10m 09s

NOTAS:

Los datos de la hora están en tiempo Universal. Para convertirlos a hora local china hay que sumarles 8 horas.

Los parámetros presentados en la Tabla VII son los siguientes:

HORA UN = Hora Universal de cada uno de los tres momentos, primer contacto, máximo del eclipse y último contacto;

MAG = Fracción del radio solar ocultado por la Luna en el momento señalado;

Sup = Superficie del disco solar ocultada por la Luna en el momento señalado;

AN POS S = Ángulo de posición (en grados) de la Luna desde el punto Norte del limbo solar y en sentido antihorario, en el momento señalado;

AN POS L = Ángulo de posición de la Luna sobre el limbo solar desde el cenit del observador y en sentido antihorario, en el momento señalado;

ALT = Altura del Sol sobre el horizonte de la ciudad escogida, en el momento señalado;

ACIM = Acimut del Sol desde dicha ciudad, en el momento señalado;

DUR = Duración de la totalidad (si la hay), en el momento señalado;

DS/DL = Relación entre los radios del Sol y la Luna, en el momento señalado;

ANG HOR = Ángulo horario local del Sol desde la ciudad indicada, en el momento señalado.

Los gráficos siguientes, con el cenit hacia arriba, muestran las fases del eclipse visto desde Novosibirsk.

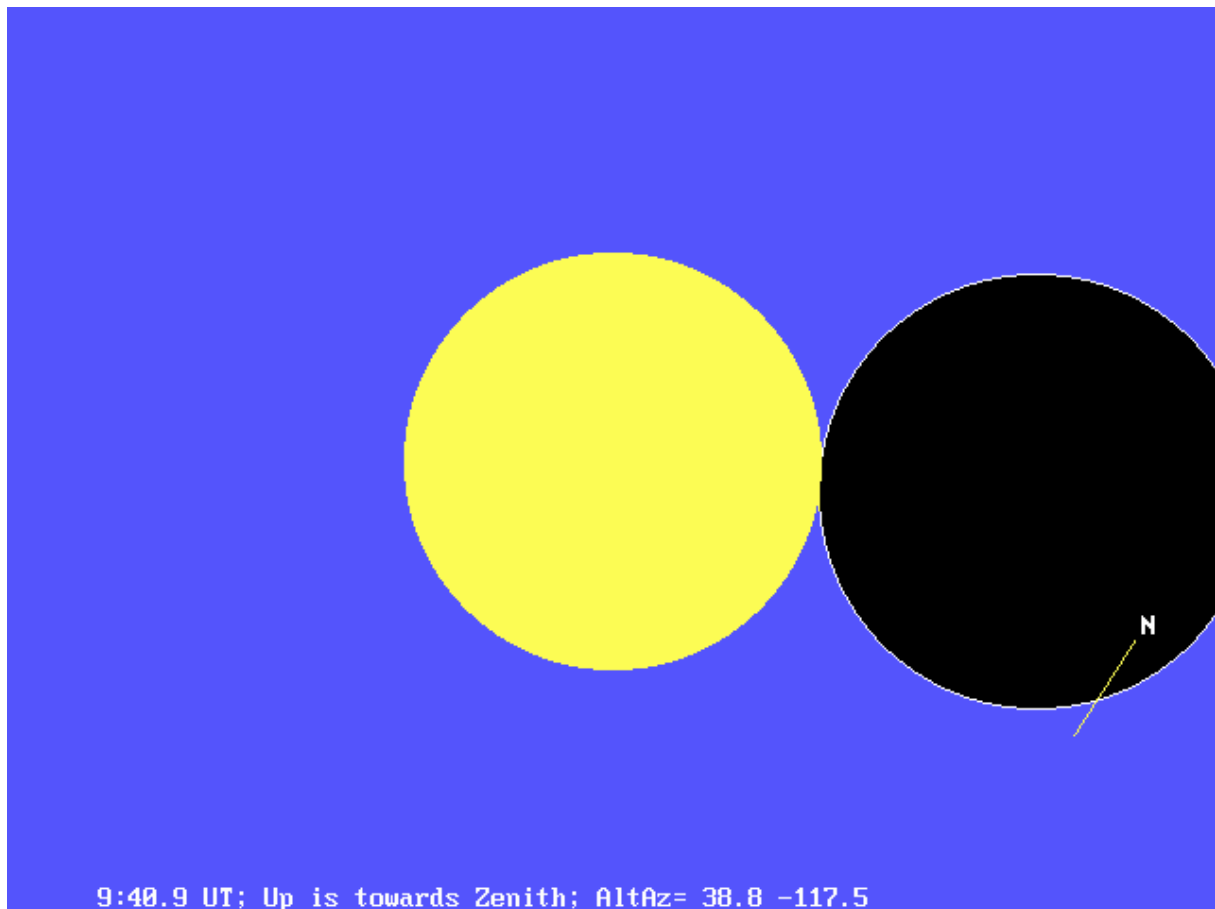


Figura 2.- Primer contacto: 17:40:54 TL. Elev. 38,8°.

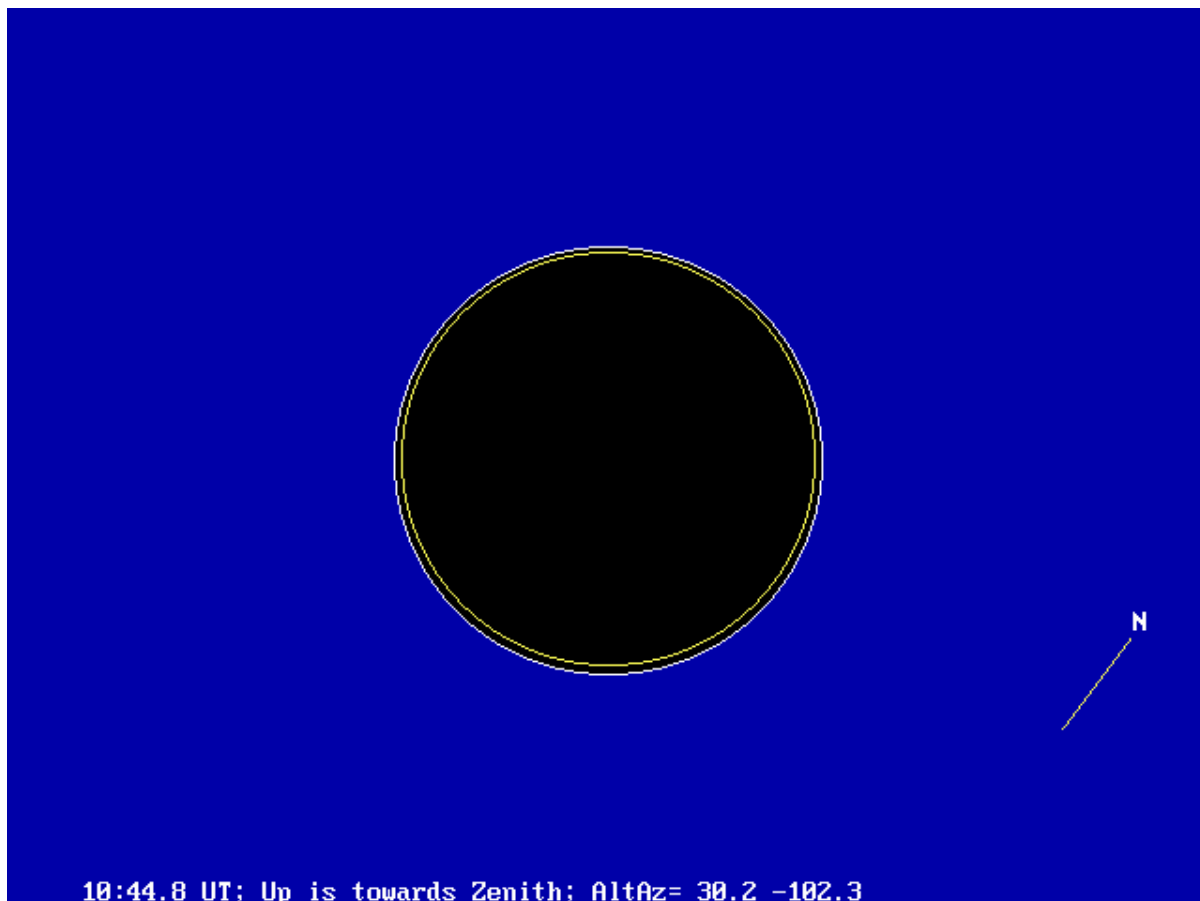


Figura 3.- Máximo del eclipse: 18:44:48 TL. Elev. 30° 12'.

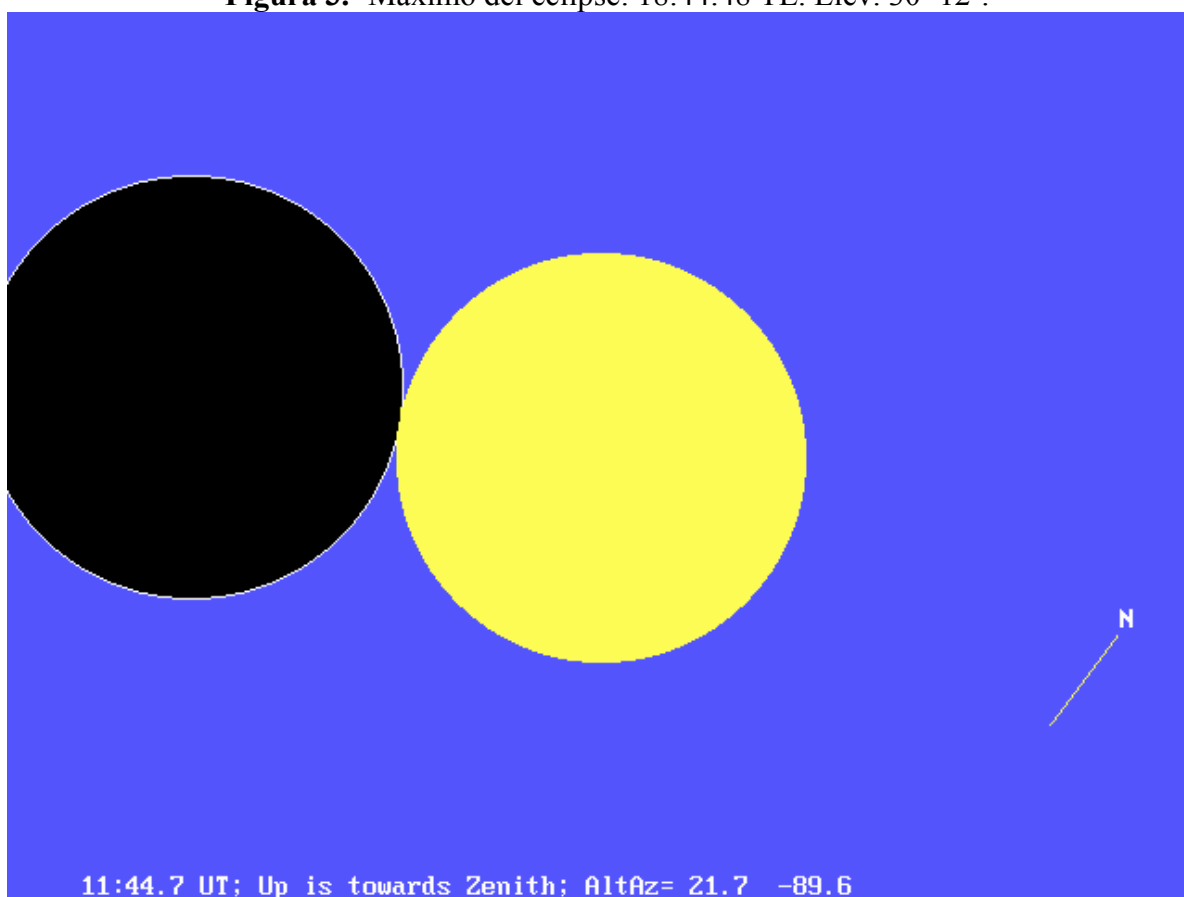


Figura 4.- Último contacto: 19:44:42 TL. Elev. 21° 42'.

No obstante, la expedición de la Universidad Complutense de Madrid (Facultad de Ciencias Físicas) efectuará la observación del eclipse desde China, en un enclave situado al Sur del desierto del Gobi, cerca de la frontera con Mongolia, donde las predicciones meteorológicas son más halagüeñas que en Novosibirsk. A este efecto, el Gobierno chino ha dispuesto un campamento situado en el centro de la línea de totalidad, a 27 Km de la ciudad de Yiwu. Las coordenadas de este observatorio, marcado en el mapa con el nombre de Yiwu, son:

Latitud 43° 27' 06,3" N
 Longitud 94° 50' 47,0" E
 Altitud 1670 m

La Tabla VIII presenta las condiciones de visibilidad de este evento desde dicha localidad.

TABLA VIII

VISIBILIDAD DESDE YIWU									
Hora Un	Mag	Sup	An pos S	An pos L	Alt	Acim	Dur	D _s /D _L	Ang Hor
10:08:42	-0,000	0,000	298° 42'	248° 54'	29° 54'	266° 42'	-	1,039	4h 21m 49s
11:08:24	1,017	1,000	27° 42'	338° 18'	19° 06'	276° 54'	-1:59	1,035	5h 21m 30s
12:03:54	-0,000	0,000	116° 42'	069° 18'	9° 12'	285° 54'	-	1,032	6h 16m 58s

Los gráficos siguientes, con el cenit hacia arriba, muestran el aspecto de las fases del eclipse visto desde Yiwu (los datos de elevación se refieren al Sol), de acuerdo con los datos de la Tabla VIII:

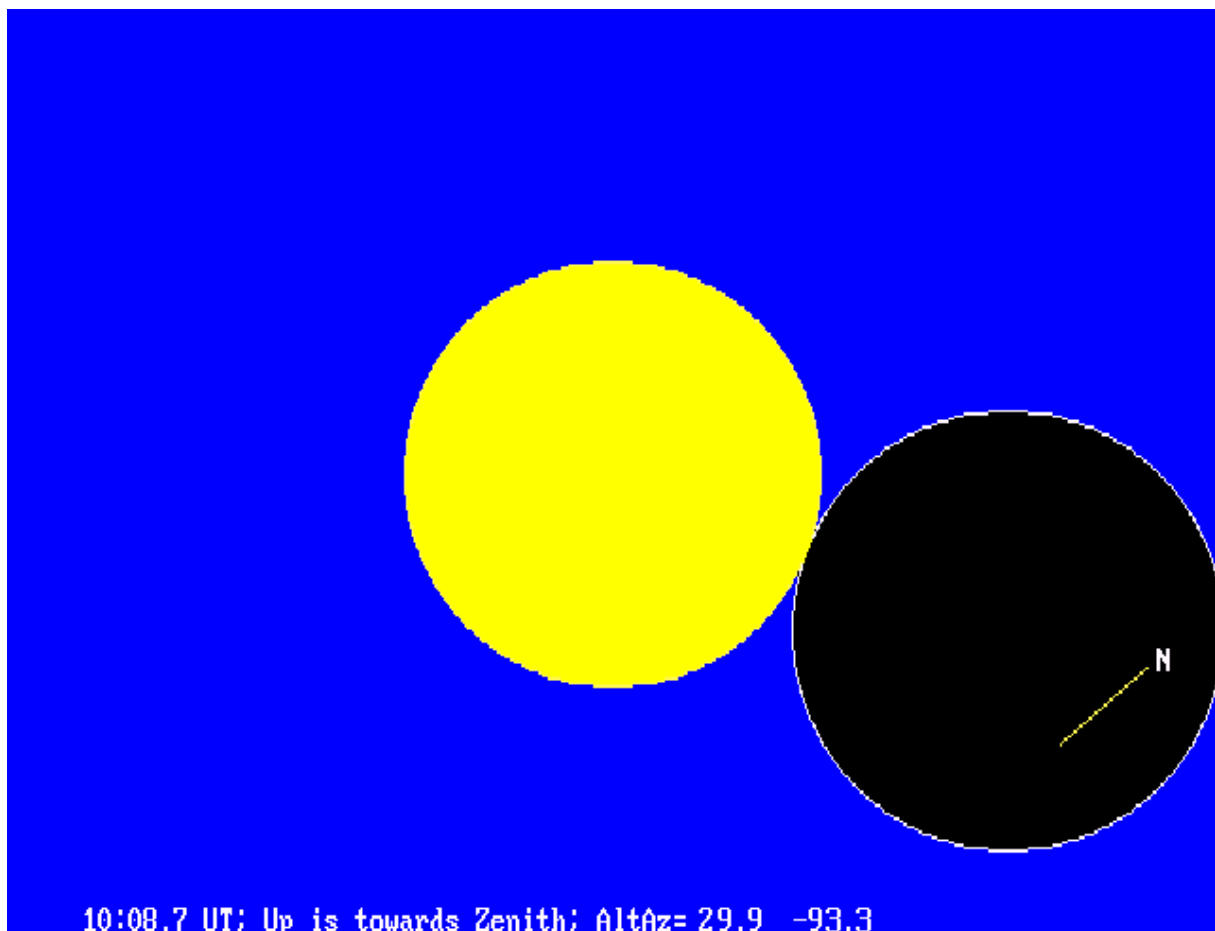


Figura 5.- Primer contacto: 18:08:42 TL. Elevación 29° 54'.

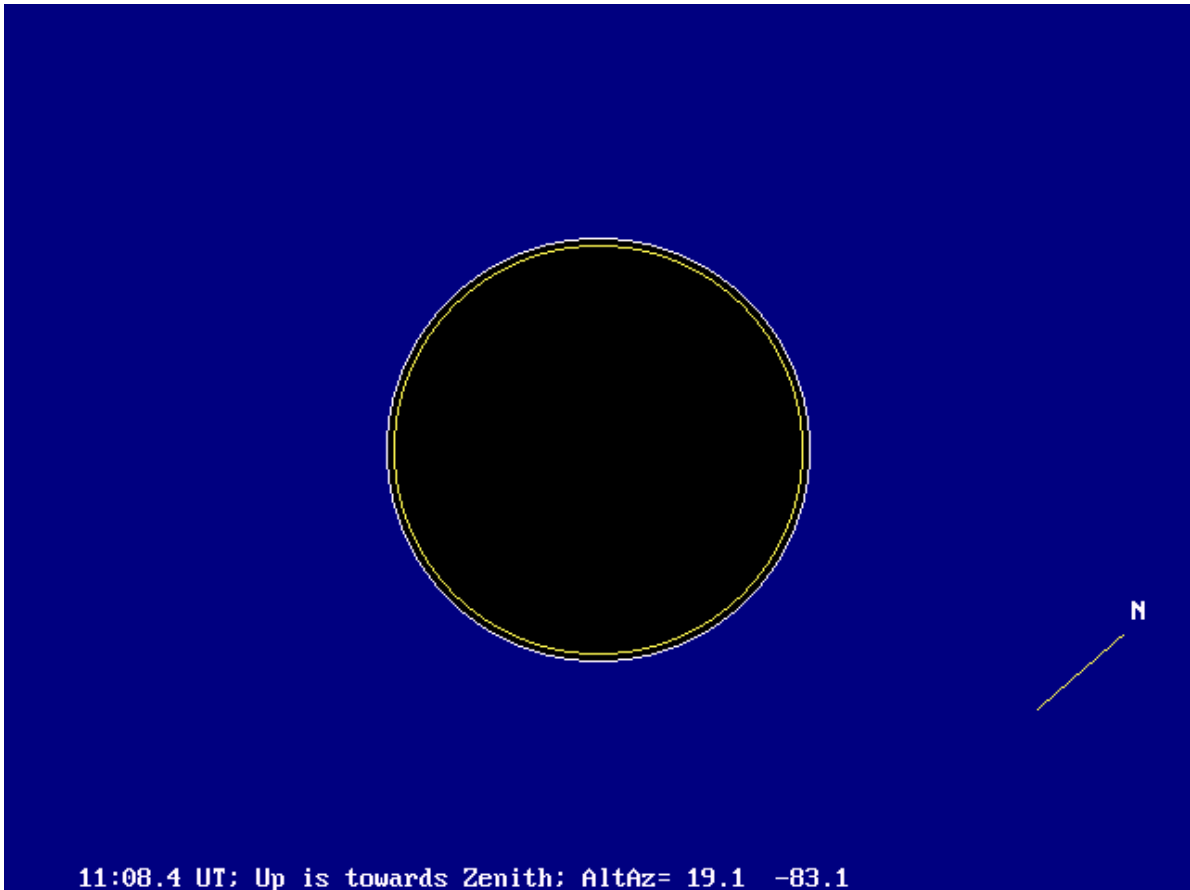


Figura 6.- Máximo de la totalidad: 19:08:24 TL. Elevación 19° 06'.

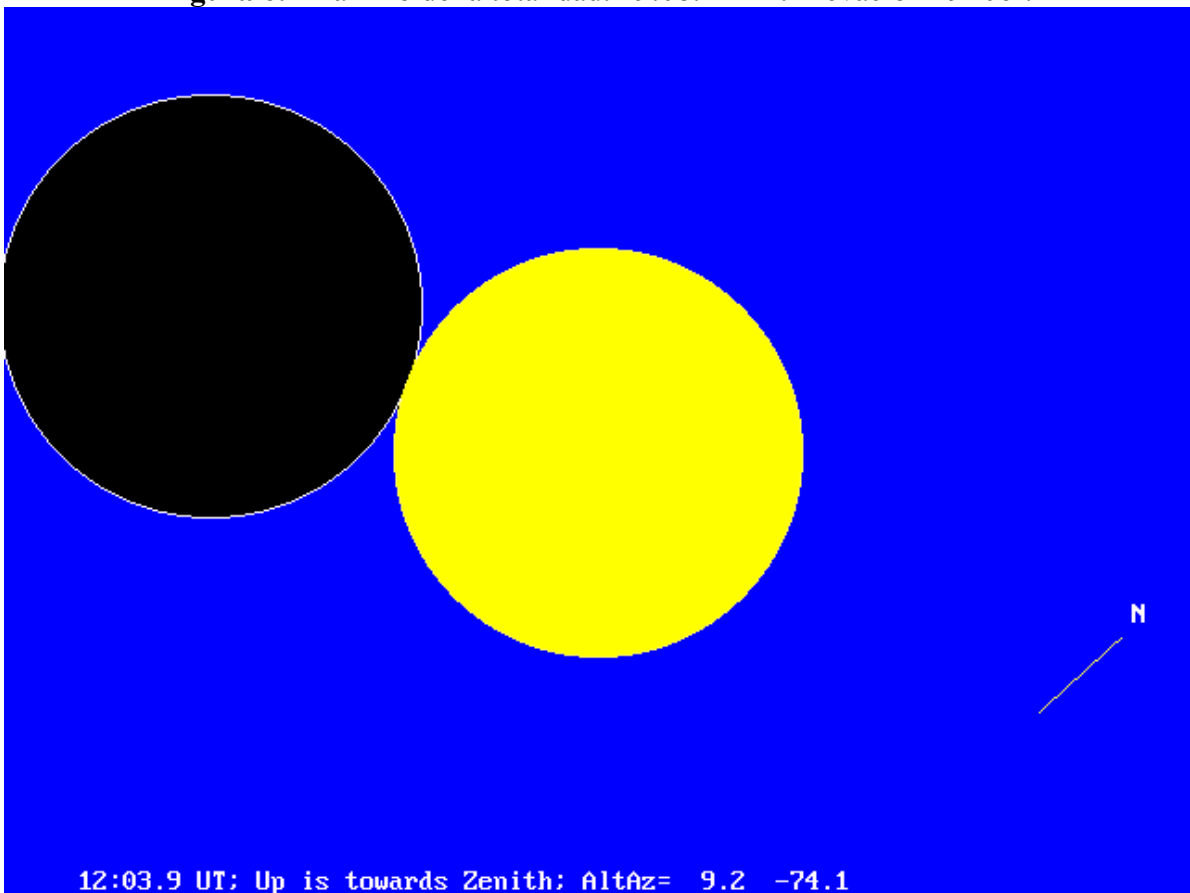


Figura 7.- Último contacto: 20:03:54 TL. Elevación 9° 12'.

Un tercer grupo de compañeros de la AAM decidió observar el eclipse desde una localidad de Mongolia denominada Bulgan, cuyas coordenadas medidas con GPS en el punto de observación por Pedro González Ibeas, son:

Latitud 46° 07' 26" N;
 Longitud 91° 33' 45" E;
 Altitud 1192 m

La Tabla IX presenta las condiciones de visibilidad de este evento desde dicha localidad.

TABLA IX

VISIBILIDAD DESDE BULGAN									
Hora Un	Mag	Sup	An pos S	An pos L	Alt	Acim	Dur	D _s /D _L	Ang Hor
10:02:30	-0,000	0,000	299° 00'	252° 36'	33° 00'	261° 30'	-	1,039	1h 02m 20s
11:03:30	1,017	1,000	028° 00'	341° 06'	22° 30'	272° 48'	-02:30	1,036	5h 03m 21s
12:00:12	-0,000	0,000	117° 00'	071° 30'	12° 42'	282° 36'	-	1,033	6h 00m 06s

Los gráficos siguientes, con el cenit hacia arriba, muestran el aspecto de las fases del eclipse visto desde Bulgan (los datos de elevación se refieren al Sol), de acuerdo con los datos de la Tabla IX-B.

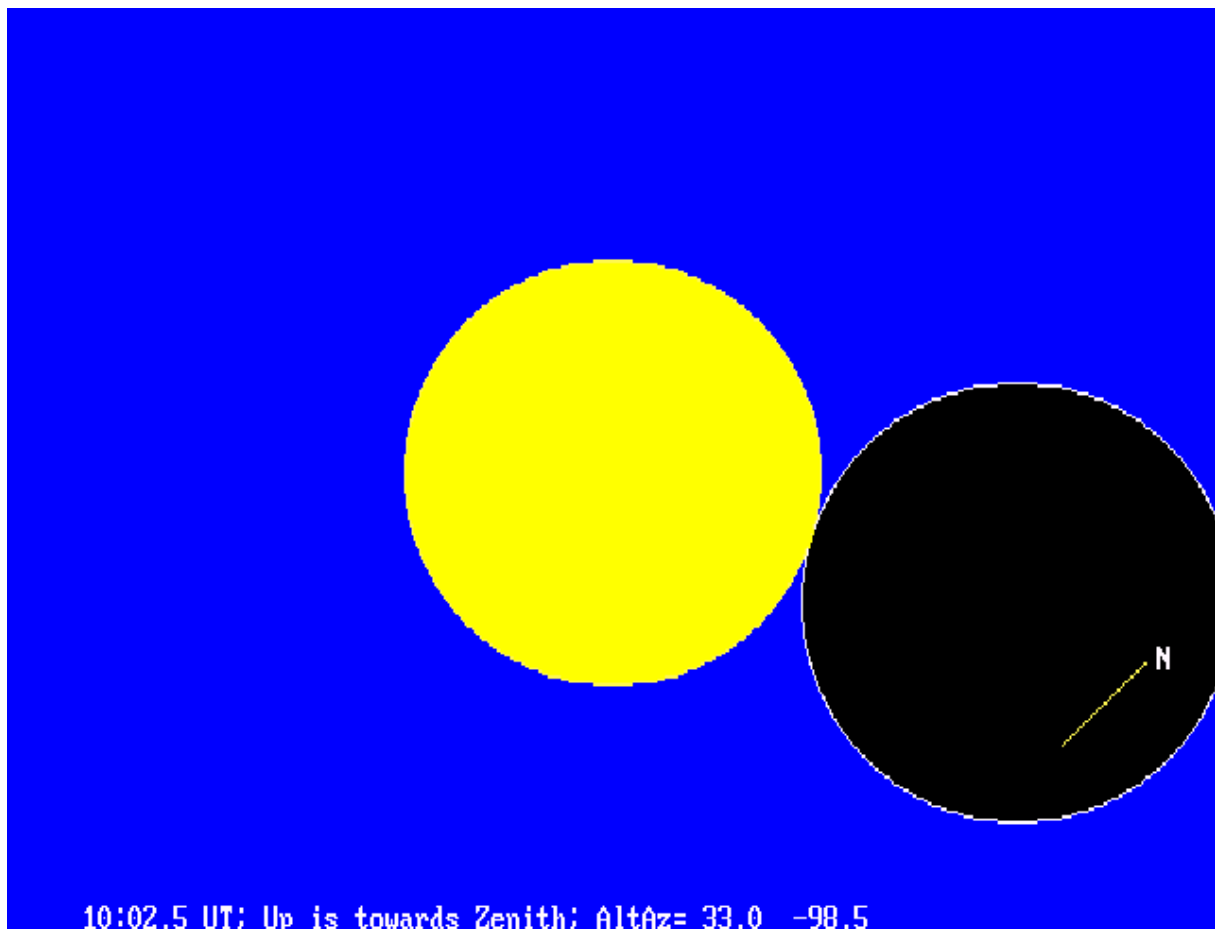


Figura 8.- Primer contacto: 10:02:30 HL. Elevación: 33° 00'.

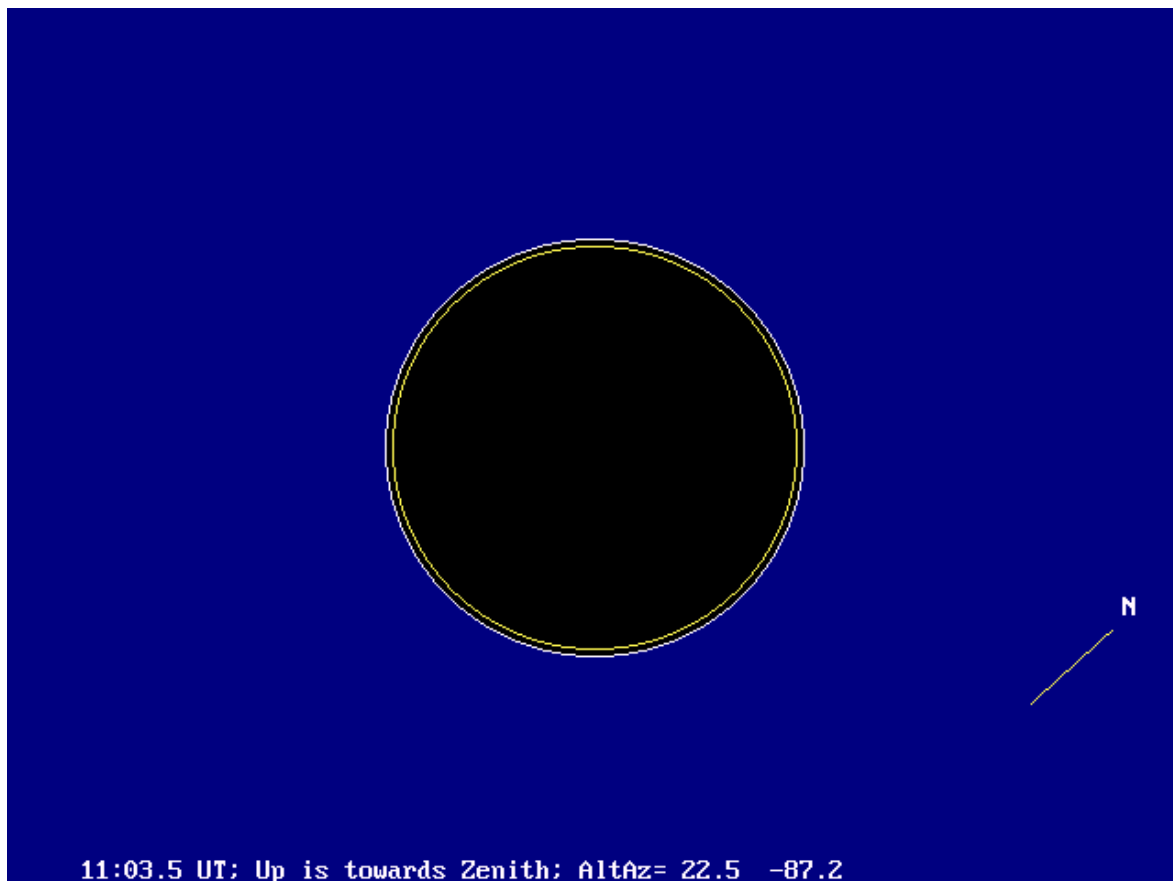


Figura 9.- Máximo de la totalidad: 19:03:30 HL. Elevación: 22° 30'

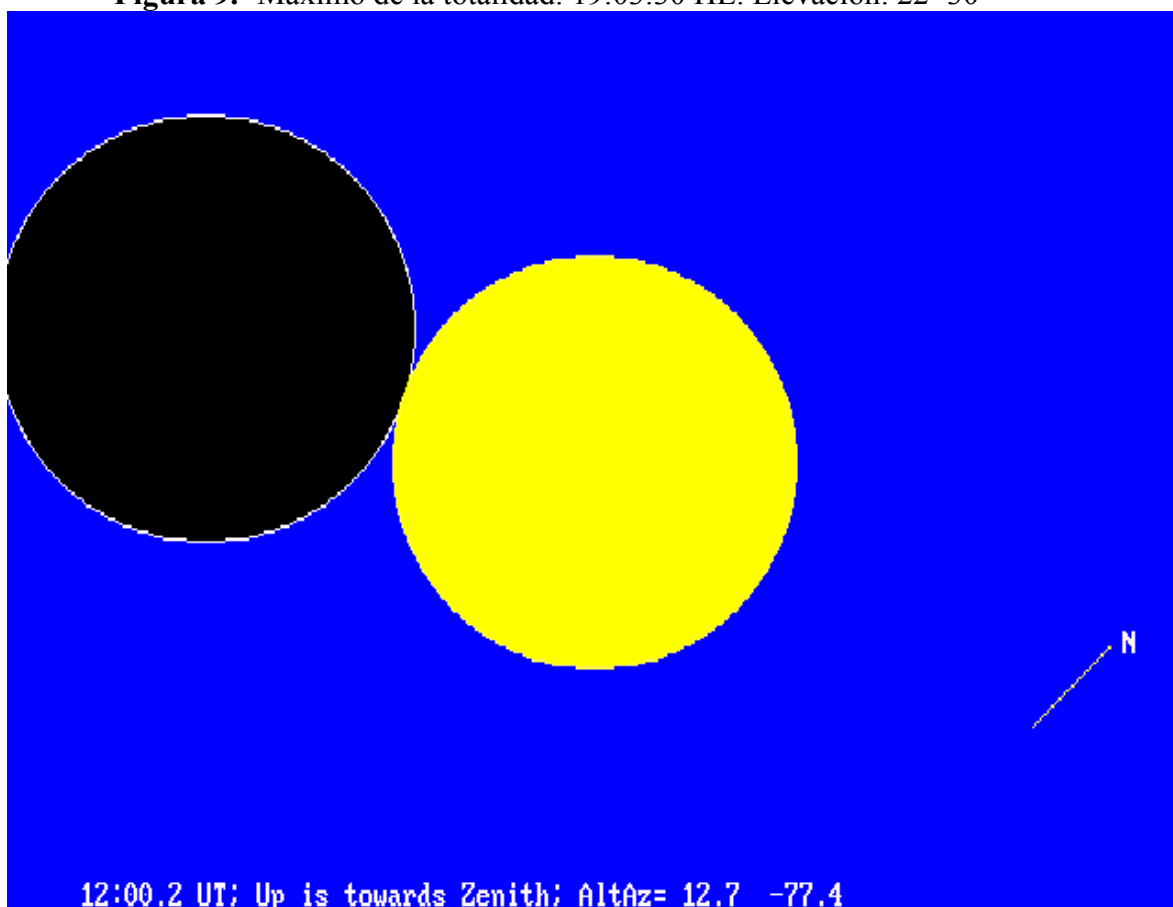
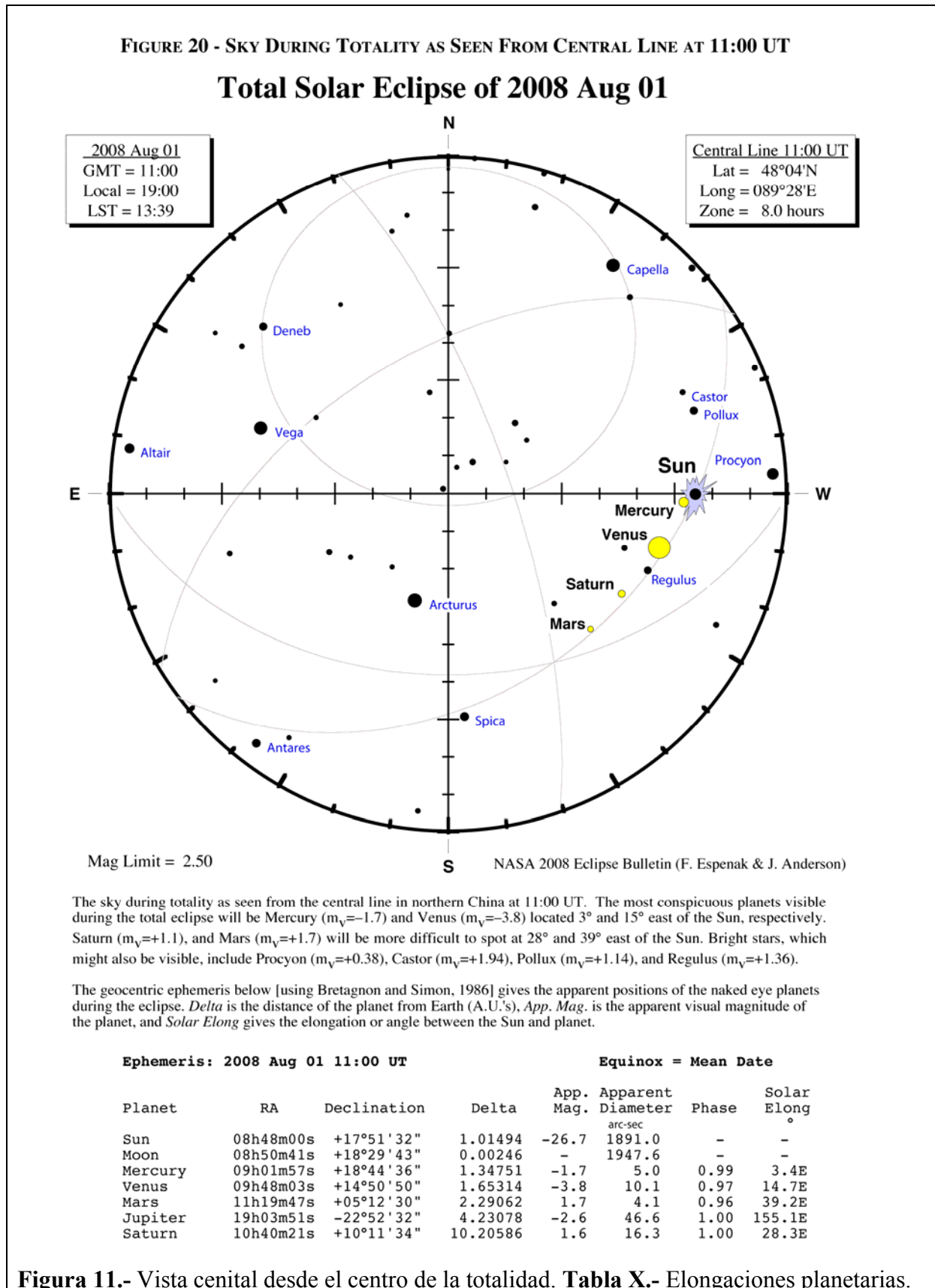


Figura 10.- Último contacto: 20:00:12 HL. Elevación: 12° 42'

Vista topocéntrica cenital (*all-sky*) desde el punto central de la trayectoria de la sombra, situado 895 Km al SE de Novosibirsk, 660 Km al NO del campamento de Yiwu y a sólo 29 Km de Altai.



Véase al pie de la Figura 11 la Tabla X con las efemérides (principalmente las elongaciones) de los planetas visibles a simple vista, así como la posición de las estrellas Procyon, Castor, Pollux y Regulus, que se harán visibles durante la totalidad. Estos datos han sido elaborados por F. Espenak y J. Anderson, para NASA y aportados por Jaime Izquierdo.

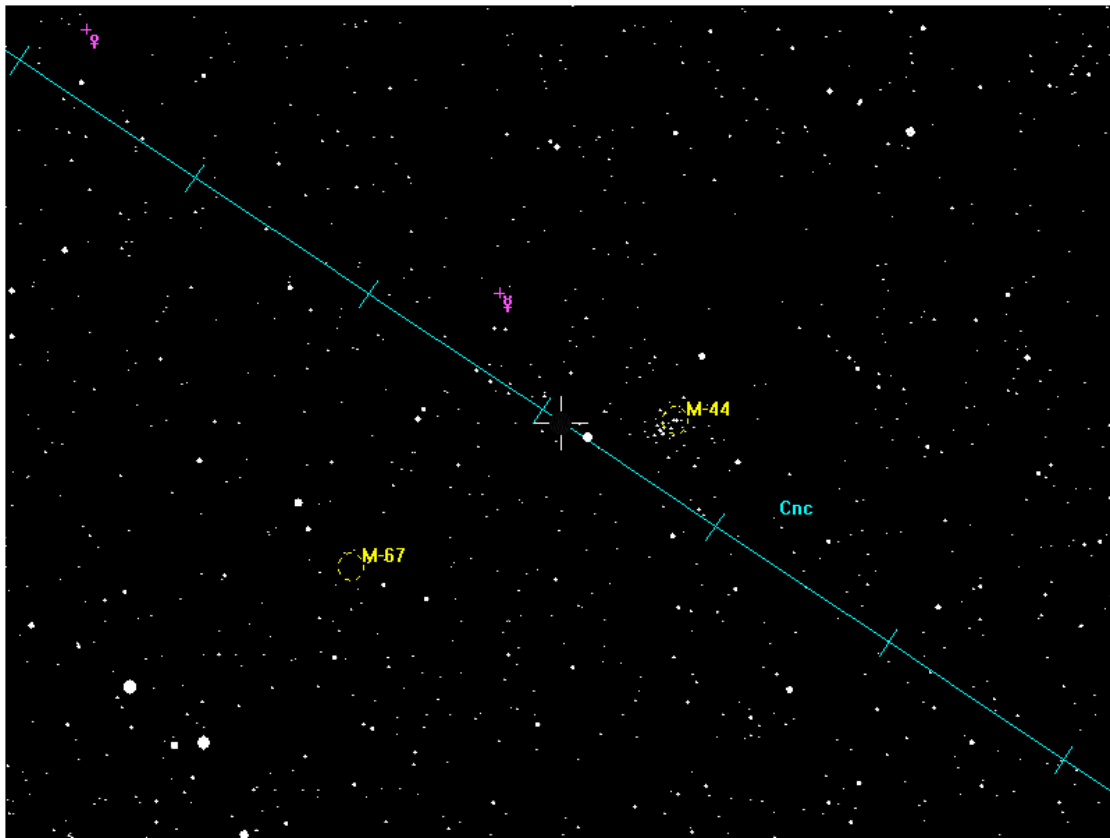


Figura 12.- El cielo alrededor del Sol durante la totalidad, desde Yiwu.

La Figura 12 muestra el aspecto del cielo alrededor del Sol en el momento de la totalidad, visto desde el campamento de Yiwu, con el cenit hacia arriba. Estos datos han sido elaborados con el programa GUIDE¹ por este autor. En ella advertimos que además de los astros indicados en la Figura 12, estarán visibles las estrellas δ de Cancer (δ *Cancri*), o *Asellus Australis* ($M_v = 4$, en la eclíptica al Oeste del Sol y muy próxima a él) y γ *Cancri*, o *Asellus Borealis* ($M_v = 4,7$, al NO), así como dos objetos Messier, M-44, o el cúmulo abierto del Pesebre ($M_v = 3,1$) y M-67, otro cúmulo abierto mucho más difícil de divisar ($M_v = 6,9$). La Tabla XI indica sus distancias angulares al Sol. Pero es de temer que la posibilidad de ver estos dos cúmulos sea muy pequeña, por cuanto estará obstaculizada por el brillo de la corona solar, que por hallarnos en el mínimo del ciclo de las manchas, promete ser muy extensa y brillante, dificultando mucho, sino impidiendo, su visión.

TABLA XI		
OBJETO	MAGNITUD	DISTANCIA
<i>Asellus Borealis</i> (γ)	4,7	3° 45'
<i>Asellus Australis</i> (δ)	4,0	0° 46'
M-44	3,1	2° 45'
M-67	6,9	6° 07'

¹ Existe cierta discrepancia (≈ 2 m) entre las efemérides del eclipse que calculan los programas ECLIPSE COMPLETE y GUIDE. Nosotros damos preferencia a las del primero.

Otro dato que pudiera revestir cierta importancia a la hora de determinar el meridiano local en el observatorio de Yiwu, de Novosibirsk o de Altai, es el valor de la ecuación de tiempo para el día del evento. El gráfico siguiente muestra que ese día el Sol (lento) pasará por el meridiano central de los husos horarios con 6 minutos y 18 segundos (06:18) de retraso, o sea, a las 12:06:18 hora solar (HS) del meridiano central correspondiente.

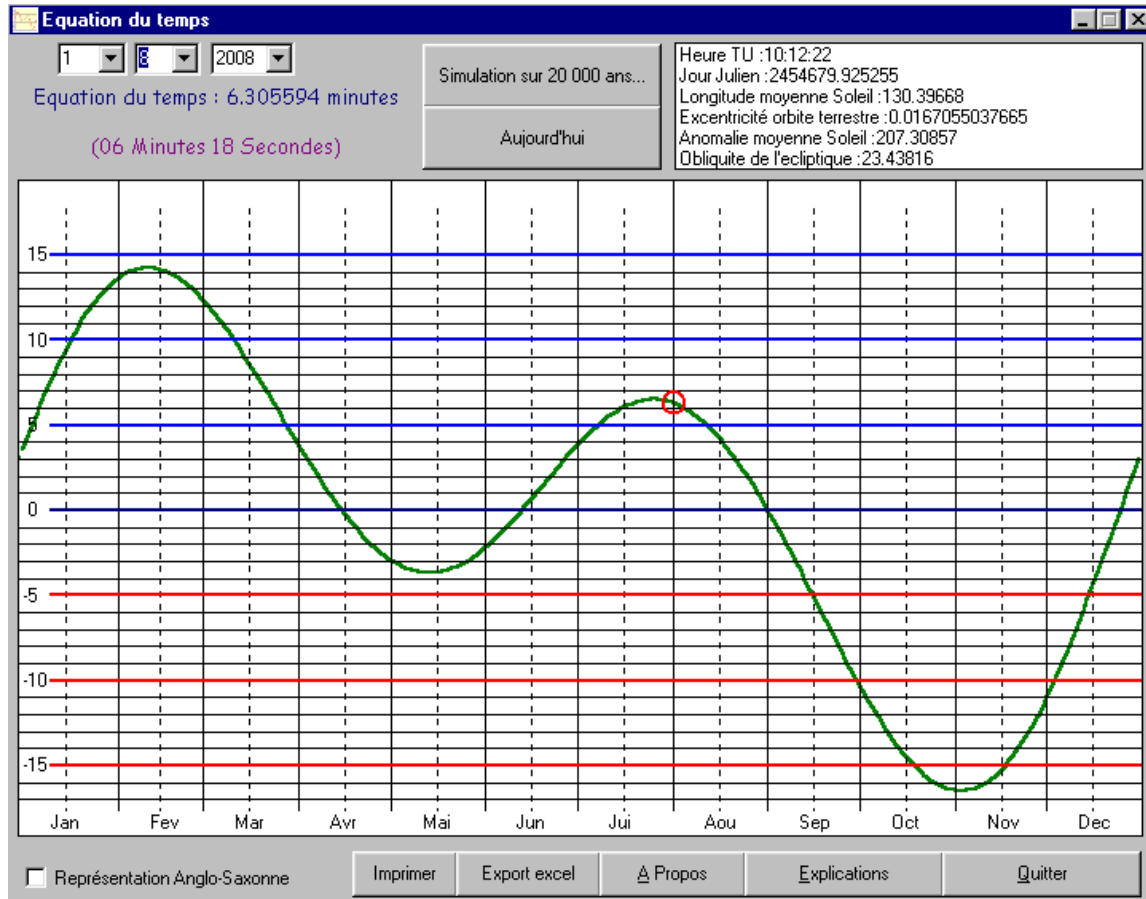


Figura 13.- La Ecuación de Tiempo.

Como los tres observatorios, Yiwu (long = 94° 50' 47" E), Novosibirsk (long = 82° 56' E) y Bulgan (long = 89° 28' 30") están en el mismo huso horario, cuyo meridiano central es el de los 90° E, la hora solar (HS) del tránsito del Sol por el meridano local correspondiente y su altura sobre el horizonte (AH), dada su declinación (S_{DEC}), serán las siguientes:

Para **Yiwu**: $\Delta_T = \Delta_{LON} / 15 = (94,8464 - 90) / 15 = 19m\ 23s$
 $HS = 12:06:18 + \Delta_T = \mathbf{12:25:41}$;
 $HL = HS + 2 = \mathbf{14:25:41}$.
 $AH = 90 + S_{DEC} - Lat = 90 + 17^\circ\ 52' - 43^\circ\ 27' = \mathbf{64^\circ\ 25'}$.

Para **Novosibirsk**: $\Delta_T = \Delta_{LON} / 15 = (82,93 - 90) / 15 = -28m\ 16s$
 $HS = 12:06:18 + \Delta_T = \mathbf{11:38:02}$;
 $HL = HS + 1 = \mathbf{12:38:02}$.
 $AH = 90 + S_{DEC} - Lat = 90 + 17^\circ\ 52' - 55^\circ\ 02' = \mathbf{52^\circ\ 50'}$.

Para **Bulgan**: $\Delta_T = \Delta_{LON} / 15 = (91,5625 - 90) / 15 = 6m\ 15s$
 $HS = 12:06:18 + \Delta_T = \mathbf{12:12:33}$;
 $HL = HS + 2 = \mathbf{14:12:33}$;
 $AH = 90 + S_{DEC} - Lat = 90 + 17^\circ\ 52' - 46^\circ\ 07'\ 26'' = \mathbf{61^\circ\ 45'}$

**ACTIVIDADES A DESARROLLAR
DURANTE EL ECLIPSE**

[Página dejada intencionadamente en blanco]

ACTIVIDADES A DESARROLLAR DURANTE EL ECLIPSE

1º) Cronometraje y fotografía.-

La principal actividad que debe acometer un aficionado durante la observación de un eclipse de Sol, es el cronometraje de los cuatro contactos, para su posterior comparación con los que producen las efemérides. El tiempo del máximo de la totalidad se determina como el tiempo medio entre el segundo y el tercer contactos.

Esta información, junto con la de la posición geográfica del observatorio correspondiente, puede enviarse a alguno de los centros de análisis de datos astronómicos (v. g., Sky & Telescope, BAA, NASA, o el Observatorio de San Fernando). Su importancia será tanto mayor cuanto lo sea la discrepancia entre las predicciones y las mediciones.

En segundo lugar, un aficionado debe procurar registrar el fenómeno mediante algún proceso gráfico, como la fotografía. Un informe detallado del eclipse queda siempre enriquecido por el material fotográfico con que se lo acompañe. En general, se debe tratar de captar con la cámara el acontecimiento de los cuatro contactos, de modo que quede constancia gráfica de la medida para avalar los resultados comunicados en el informe.

La disponibilidad de cámaras digitales (y de algunas de película química) permite realizar estas dos actividades simultáneamente, puesto que dichas cámaras registran automáticamente la fecha y la hora de la toma fotográfica. Pero la superioridad de las digitales se manifiesta a la hora de efectuar disparos en ráfaga, porque no precisan arrastrar el carrete entre foto y foto. Así, una cámara digital puede efectuar un disparo (o más) por segundo y sin trepidación mecánica. Sin embargo, en la práctica y para eliminar el ruido, se suele recurrir al procesado interno de la fotografía dentro de la cámara, lo que retarda la disponibilidad de ésta para la segunda toma. En consecuencia, la cadencia de las ráfagas puede ser más baja.



Foto 1.- antes del primer contacto.



Foto 2.- Después del primer contacto.

La técnica del disparo en ráfaga es útil en la fotografía para cronometraje de los contactos primero y tercero, en los que no se está viendo acercarse a la Luna al disco solar (en el primero) o al Sol al limbo lunar (en el tercero). Así, la foto 1 es la última de una ráfaga en la que no se distingue la “mordida” del disco lunar sobre el solar y la foto 2, tomada segundos más tarde, es la primera en la que se nota dicha “mordida”. Por tanto, el disparo en ráfaga permite cronometrar el acontecimiento con una precisión igual a la mitad del intervalo entre dos tomas. Pero no es ésta la única utilidad del disparo en ráfaga.



Foto 3.- Exp. = 1/125



Foto 4.- Exp. = 1/1000



Foto 5.- Exp. = 1/15

En efecto, la segunda ventaja de las cámaras digitales (y de algunas de película) es la posibilidad de efectuar exposiciones ahorquilladas. Es decir, una exposición con la duración, o el diafragma, prefijados, seguida de otra con la duración, o el diafragma, aumentado (hasta +2 puntos) y de una tercera con la exposición, o el diafragma reducidos (hasta -2 puntos). Las fotos 3, 4 y 5 muestran el resultado de ahorquillar una fotografía del Sol tomada con filtro del Baader Planetarium y con exposición de 1/125, a +2 puntos (1/500) y a -2 puntos (1/30).



Foto 6.- Anillo de diamantes.

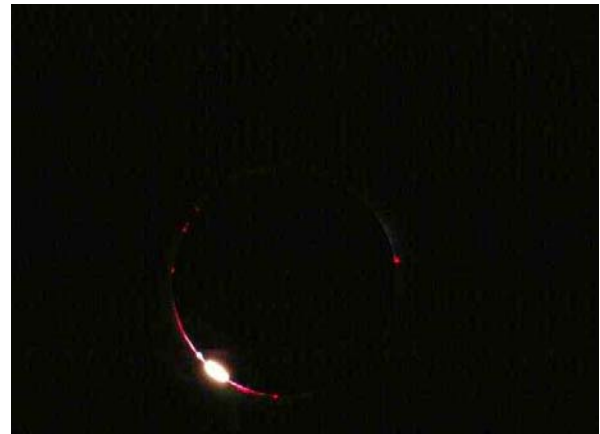


Foto 7.- Perlas de Baily.



Foto 8.- Prominencias solares.

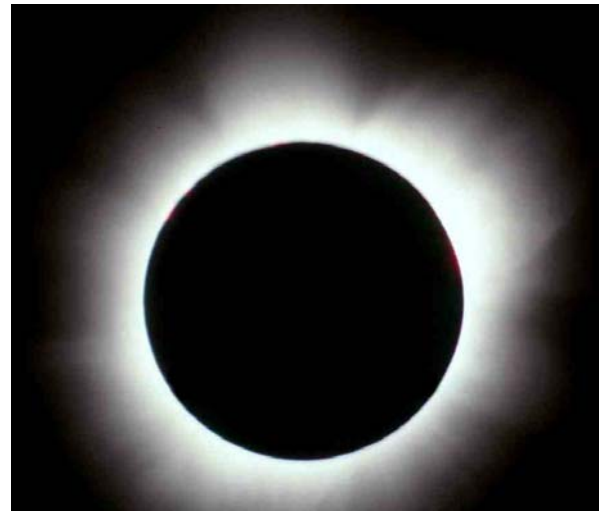


Foto 9.- Corona solar interior.

Resulta así que la combinación del disparo en ráfaga con exposiciones ahorquilladas es muy útil durante la fase de totalidad de un eclipse de Sol. En esos breves instantes ocurren fenómenos de muy distinto brillo, a captar fotográficamente: el segundo contacto (tras el cual se retiran los filtros solares), la aparición del anillo de diamantes (foto 6), la aparición de las perlas de Baily (foto 7), la aparición de las prominencias solares (foto 8) y la aparición simultánea de la corona solar (foto 9), que se mantiene visible durante toda la totalidad.

Pero hay que advertir que como el establecimiento de la corona es simultáneo con la aparición de las prominencias, las fotos 8 y 9 solamente se diferencian en la exposición. Una exposición corta no registrará la corona, pero sí las prominencias, mientras que una exposición larga hará que el brillo de la corona engulla el de las prominencias. Por tanto, conviene efectuar la exposición corta en primer lugar, ya que visibilidad de las prominencias no suele durar toda la totalidad. Abundaremos sobre este asunto en el próximo apartado.

En el caso del tercer contacto, los fenómenos ocurren en orden inverso: la corona y las prominencias se extinguen al aparecer las perlas de Baily y el anillo de diamantes. Y la totalidad finaliza con la aparición del limbo solar por detrás del lunar. En todo caso, convendrá registrar todas las fotografías que hagamos con la fecha y la hora como indicativo, para lo que deberemos tomar la precaución de sincronizar el reloj interno de la cámara con la **Hora Universal** (mejor que la local), que podemos obtener de un receptor de señales GPS.

La secuencia fotográfica puede ser la que indicamos en el cuadro siguiente:

- a) Disparos en ráfaga unos diez segundos antes del tiempo que dan las efemérides para el primer contacto. De este modo podremos determinar el tiempo del primer contacto.
- b) Una vez visualizada la “mordida” lunar en el disco solar, se puede trabajar foto a foto durante toda la parcialidad, ahorrando así espacio en la tarjeta gráfica de la cámara.
- c) Instantes antes de llegar a la totalidad, al grito de “¡Fuera filtros!” se configurará la cámara en el modo de ráfaga y con exposición ahorquillada. Trabajaremos de esta forma durante toda la totalidad, con el doble fin de registrar los fenómenos mencionados más arriba, así como los tiempos de los contactos segundo y tercero.
- d) A la salida del Sol y al grito “¡Poner filtros!”, podremos volver al modo de disparo sencillo y sin ahorquillar la exposición (conviene estar bien informado de la manera en que se desactiva este modo de trabajo de la cámara). Así nos mantendremos durante la segunda fase de parcialidad.
- e) Finalmente, diez segundos antes del tiempo del último contacto de las efemérides volveremos al modo de ráfaga (sin ahorquillar) para cronometrar dicho último contacto.

Aunque el tiempo de exposición debe conocerse experimentalmente de antemano, también se podrá determinar durante la mañana anterior al eclipse, en el lugar del mismo y, a ser posible, a la hora en que la altura del Sol sea la misma a la que se va a producir la totalidad. Esta exposición se ha de mantener constante durante toda la fase de parcialidad y sólo se modificará (automáticamente) durante las exposiciones ahorquilladas.

Ahora bien, si disponemos de una montura ecuatorial para seguir el movimiento aparente del Sol con nuestra cámara y de un telescopio (o teleobjetivo), entonces estaremos en condiciones de realizar un video del eclipse, formado con instantáneas tomadas foto a foto a intervalo fijo. Aunque este video, para cuya elaboración probablemente necesitaremos el apoyo informático de programas del tipo Moviemaker, de Microsoft, tendrá una duración mucho menor que la del eclipse, contendrá sin embargo toda la información astronómica que hemos precisado anteriormente, con la que contamos para producir un documento científico.

El problema de disparar la cámara a intervalos fijos (p. e., cada 20 segundos) durante las 2 horas que durará el eclipse desde el primer contacto hasta el último, requerirá contar con un ordenador portátil o, mucho más cómodo, con un intervalómetro. De este modo, la intervención manual se reduce a configurar la cámara en modo de ráfaga antes del primer contacto, en ráfaga ahorquillada durante la totalidad y en ráfaga al último contacto.

FIGURE 16 - LUNAR LIMB PROFILE FOR AUG 01 AT 11:00 UT
Total Solar Eclipse of 2008 Aug 01

Moon/Sun Diameter Ratio = 1.0367

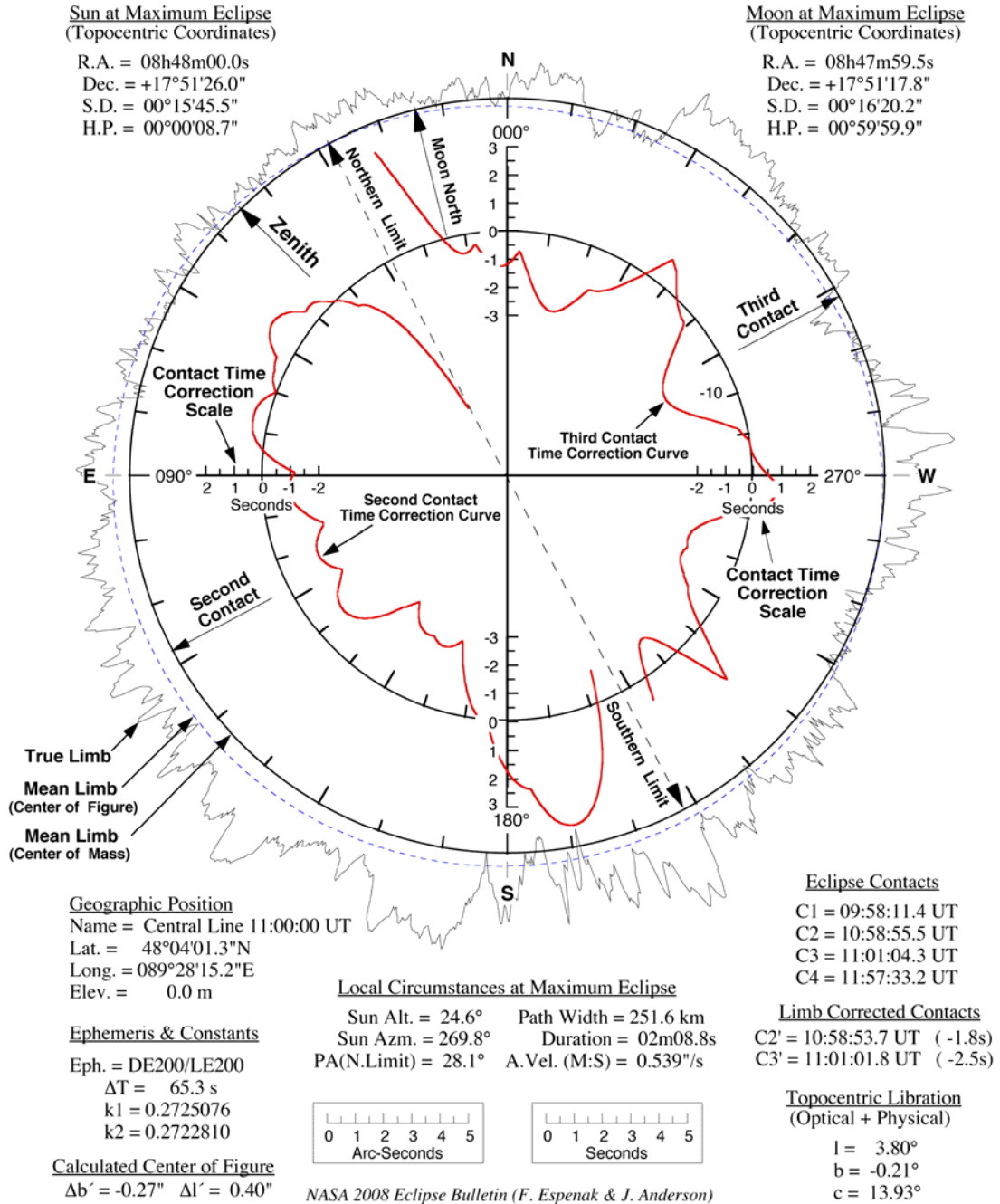


Figura 13 bis.- El perfil lunar según F. Espenak y J. Anderson.

A continuación, en la Figura 13 bis incluimos el perfil del limbo lunar con los datos calculados por F. Espenak y J. Anderson, para refinar los tiempos de los contactos segundo y tercero. Este gráfico sirve también para identificar los puntos del limbo (valles) por donde aparecerán las Perlas de Baily y el Anillo de Diamantes, al principio y al final de la totalidad. Nótese que estos autores siguen los antiguos criterios astronómicos (en lugar de los modernos criterios astronáuticos) para designar los limbos oriental y occidental de la Luna.

Por último reproducimos en la Tabla XII la Guía de Exposiciones para un Eclipse Total de Sol, tomada por Jaime Izquierdo de la publicación de NASA titulada **Total Solar Eclipse of 2008 August 01** (NASA/TP-2007-214149) elaborada por Fred Espenak y Jay Anderson. Como se indica al pie, para su utilización ha de elegirse la sensibilidad ISO que se vaya a emplear, en la columna superior izquierda y, seguidamente buscar el punto de diafragma (f/Number) en la columna derecha, por la misma línea ISO. La columna inferior indica la exposición (Shutter Speed) para las diversas fases del eclipse (Eclipse Feature). Notemos en esta Tabla que la diferencia entre la exposición aconsejada para la fase de parcialidad y la recomendada para captar la corona a 0,8 Rs, es de 9 puntos de diafragma.

TABLA XII
Solar Eclipse Exposure Guide

ISO	f/Number									
25	1.4	2	2.8	4	5.6	8	11	16	22	32
50	2	2.8	4	5.6	8	11	16	22	32	44
100	2.8	4	5.6	8	11	16	22	32	44	64
200	4	5.6	8	11	16	22	32	44	64	88
400	5.6	8	11	16	22	32	44	64	88	128
800	8	11	16	22	32	44	64	88	128	176
1600	11	16	22	32	44	64	88	128	176	224

Eclipse Feature	Q	Shutter Speed									
Partial ¹ - 4.0 ND	11	—	—	—	1/4000	1/2000	1/1000	1/500	1/250	1/125	1/60
Partial ¹ - 5.0 ND	8	1/4000	1/2000	1/1000	1/500	1/250	1/125	1/60	1/30	1/15	1/8
Baily's Beads ²	11	—	—	—	1/4000	1/2000	1/1000	1/500	1/250	1/125	1/60
Chromosphere	10	—	—	1/4000	1/2000	1/1000	1/500	1/250	1/125	1/60	1/30
Prominences	9	—	1/4000	1/2000	1/1000	1/500	1/250	1/125	1/60	1/30	1/15
Corona - 0.1 Rs	7	1/2000	1/1000	1/500	1/250	1/125	1/60	1/30	1/15	1/8	1/4
Corona - 0.2 Rs ³	5	1/500	1/250	1/125	1/60	1/30	1/15	1/8	1/4	1/2	1
Corona - 0.5 Rs	3	1/125	1/60	1/30	1/15	1/8	1/4	1/2	1 sec	2 sec	4 sec
Corona - 1.0 Rs	1	1/30	1/15	1/8	1/4	1/2	1 sec	2 sec	4 sec	8 sec	15 sec
Corona - 2.0 Rs	0	1/15	1/8	1/4	1/2	1 sec	2 sec	4 sec	8 sec	15 sec	30 sec
Corona - 4.0 Rs	-1	1/8	1/4	1/2	1 sec	2 sec	4 sec	8 sec	15 sec	30 sec	1 min
Corona - 8.0 Rs	-3	1/2	1 sec	2 sec	4 sec	8 sec	15 sec	30 sec	1 min	2 min	4 min

Instructions

Choose the ISO speed in the upper left column. Next, select the f/number of the lens or telescope (on same line as ISO). Finally, drop straight down to the bottom table to get the correct exposure for each feature of the solar eclipse.

Note that the brightness of the corona varies dramatically with distance from the Sun's edge. All exposure values in this guide are estimates. For best results, use them only as a guide and bracket your exposures.

Exposure Formula: $t = f^2 / (I \times 2^Q)$ where: t = exposure time (sec)
 f = f/number or focal ratio
 I = ISO film speed
 Q = brightness exponent

Abbreviations: ND = Neutral Density Filter.
 Rs = Solar Radii.

Notes: ¹ Exposures for partial phases are also good for annular eclipses.
² Baily's Beads are extremely bright and change rapidly.
³ This exposure also recommended for the *Diamond Ring* effect.

2) Fotografía de la corona solar.-

La corona solar (un plasma, o nube de gas formada por partículas supercalientes y, por tanto, ionizadas) es uno de los fenómenos más asombrosos, que se puede observar durante un eclipse de Sol y, por tanto, registrarla fotográficamente suele convertirse en el objetivo prioritario de los aficionados. Sin embargo, captar con una cámara la impresionante estructura que percibe el ojo es algo complicado, debido a la diferencia de brillo que muestran las distintas partes de la misma, o sea, la corona interior, de brillo comparable al de la Luna llena, y la cien veces más tenue corona exterior, compuesta por penachos alargados que terminan en delicados filamentos que siguen las líneas del campo magnético solar.

El mecanismo de la exposición en ráfagas ahorquilladas de que hemos hablado se presta adecuadamente para registrar estas secuencias de fenómenos de distinto brillo. Si durante la totalidad se configura la cámara en este modo de ráfaga y con exposiciones ahorquilladas, se conseguirá registrar tanto los fenómenos normales (el eclipse con la región más brillante de la corona), como los menos brillantes (las prominencias). Pero los delicados filamentos de la corona externa no saldrán en toda longitud que percibe el ojo porque resultarán demasiado tenues y necesitarán que la exposición se incremente en 9 puntos, en lugar de los 4 que permite el ahorquillamiento automático.

En efecto, registrar todos estos detalles en una sola foto es imposible, ya que el rango dinámico (o sea, la máxima y la mínima iluminación que puede captar sin saturarse) de una CCD, o de una CMOS, o de una película, es muy inferior al del ojo humano. Por ello es indispensable efectuar varias tomas con exposiciones distintas, hasta en 9 puntos, como indica la Tabla XII, y ello durante el corto intervalo que dura la totalidad. Pero, debido a su corto rango dinámico, ninguna de ellas mostrará la corona tal y como la ve el ojo humano, pues en las de corta exposición no se verá la corona exterior y en las de larga exposición la corona interior habrá quemado el entorno alrededor del Sol, borrando las protuberancias².

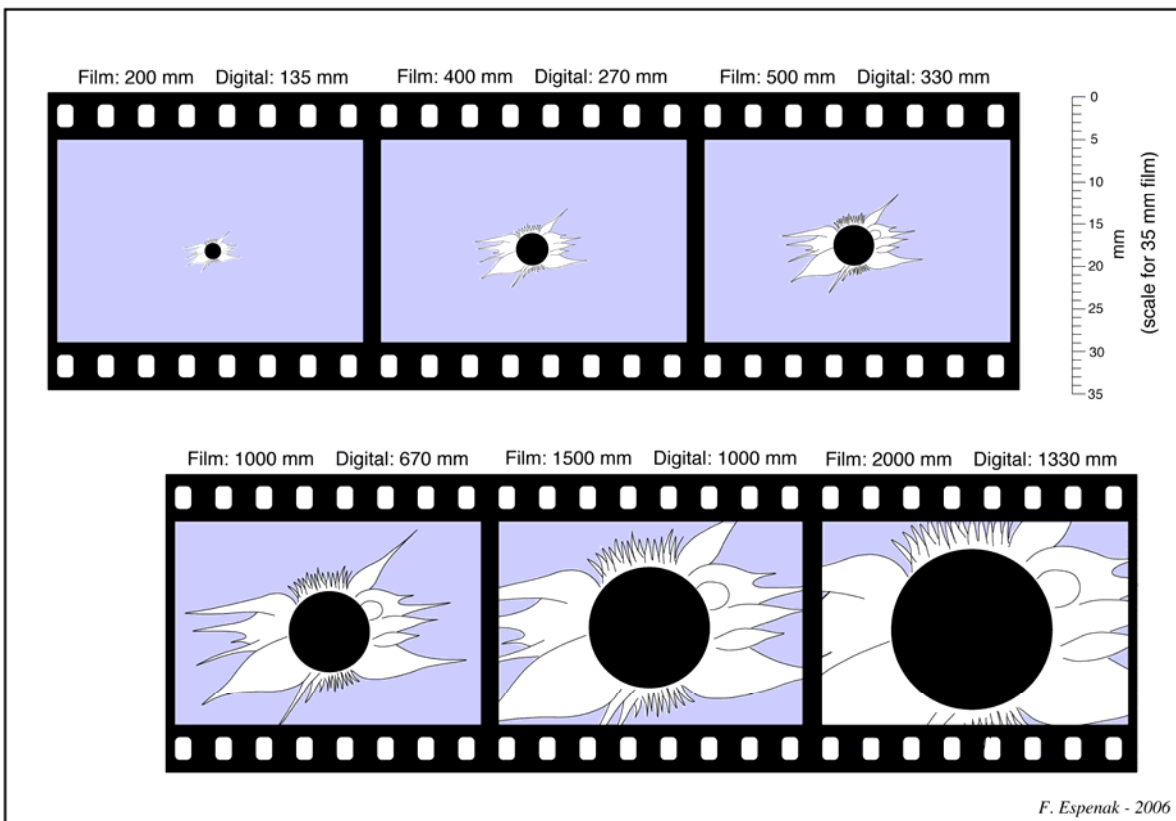
Y ésta no es la única dificultad que ofrece la fotografía de la corona solar, pues su gran tamaño puede sorprender a los fotógrafos, al impedir captarla en su integridad en el campo focal de su telescopio o teleobjetivo. Este nuevo inconveniente presenta dos vertientes: conocer la focal adecuada para captar la corona entera y conocer la orientación con que se va a proyectar en el plano focal del instrumento, para escoger previamente el encuadre más conveniente, rotando la cámara.

La información básica fue tomada por Jaime Izquierdo de la publicación de NASA **Total Solar Eclipse of 2008 August 01** citada anteriormente. La figura 19 de este completísimo tratado, reproducida en nuestra Figura 14, muestra el tamaño que se espera que alcance la corona y su captura por objetivos de distintas focales de cámaras de película química y digitales (factor 1,67). De acuerdo con estas predicciones, la máxima distancia focal para captar holgadamente la corona exterior con una cámara de película es de 1000 mm, y con una digital, de 670 mm. Esta limitación condiciona el tipo de instrumental utilizable si se aspira a fotografiar la corona entera.

² En el capítulo titulado Eclipse Photography, parte III de su tratado sobre los eclipses de Sol y su fotografía, expuesto en Internet, titulado Mr. Eclipse, Fred Espenak expone un método para obtener fotos de la corona solar interior y exterior, mediante tratamiento informático con Photoshop y apilamiento de varias tomas de distintas exposiciones capturadas con cámara digital. Este procedimiento ya fue experimentado tras el eclipse total de Sol fotografiado en Libia por los observadores de la UCM. Para detalles de dicho procedimiento véase:

http://www.mreclipse.com/Totality2/TotalityCh12-3.html#Photo_Totality

FIGURE 19 - LENS FOCAL LENGTH VS. IMAGE SIZE FOR ECLIPSE PHOTOGRAPHY



The image size of the eclipsed Sun and corona is shown for a range of focal lengths on both 35 mm film cameras and digital SLRs which use a CCD 2/3 the size of 35 mm film. Thus, the same lens produces an image 1.5x larger on a digital SLR as compared to film.

Figura 14.- Tamaño de la imagen del Sol y la corona solar, en distintos objetivos.

En la Figura 14 se advierte claramente que aún empleando telescopios “cortos”, la orientación de los penachos coronales respecto del marco fotográfico es importante para encuadrar convenientemente la imagen del Sol y conseguir captar la corona exterior en toda su extensión. Por tanto, dada la brevedad de la fase de totalidad del eclipse que nos ocupa, se hace conveniente conocer previamente el ángulo de posición del eje de rotación del Sol, que es transversal a la corona, para obtener el encuadre adecuado con suficiente antelación.

Creemos que el ángulo de posición del eje de rotación del Sol es un tema no siempre bien expuesto, cuando lo está, en los libros de divulgación de astronomía (tenemos a la vista dos de ellos que pecan de parcos en la explicación y de inexactos en los dibujos) y que, por ello, merece la pena dedicarle atención en el apartado siguiente. Nosotros trataremos de explicarlo con ayuda del Anuario del Observatorio Astronómico de Madrid.

Según este almanaque, la fórmula aproximada que da el ángulo de posición (P) del Sol con respecto al Norte celeste, en función de la oblicuidad de la eclíptica (i), de la longitud eclíptica del Sol (λ_S) y del ángulo de inclinación del eje de rotación del Sol (ρ) con respecto a la perpendicular a la eclíptica, es:

$$P = -i \cos \lambda_S - \rho \cos (\lambda_S - 76) \quad [1]$$

Trataremos de explicarla.

3) Ángulo de posición del eje de rotación solar.

El punto de partida es que, como todo el mundo sabe y nosotros mostramos en la Figura 15, la Tierra recorre la eclíptica en un año sidéreo (365,256 días), con el eje de rotación inclinado un ángulo de $23^{\circ} 26'$ con respecto a la perpendicular a su órbita. Este ángulo (i) se conoce como oblicuidad de la eclíptica.

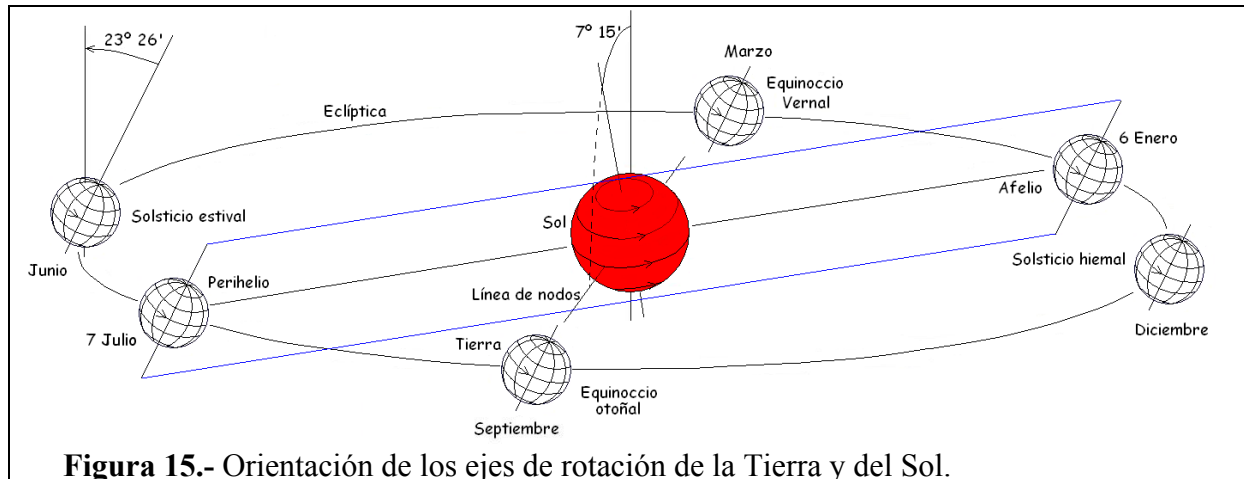


Figura 15.- Orientación de los ejes de rotación de la Tierra y del Sol.

En su periplo alrededor del Sol, el polo Norte del eje terrestre resulta inclinado hacia el Sol el día 21 de Junio, o sea, el día del solsticio vernal ($\lambda_S = 90^{\circ}$). En consecuencia, el polo Sur queda inclinado hacia el Sol el día 21 de Diciembre ($\lambda_S = 270^{\circ}$), o día del solsticio hiemal.

Transversalmente a esta línea de solsticios, existe la línea de equinoccios, puntos de la eclíptica en los que el eje de rotación de la Tierra queda orientado de modo que ningún polo resulta inclinado hacia el Sol. Esta línea se denomina también línea de nodos porque en ellos la eclíptica corta al ecuador celeste (que no hemos representado por claridad). Corresponde a los días 21 de Marzo ($\lambda_S = 0^{\circ}$) para el nodo ascendente (Y) y 22 de Septiembre ($\lambda_S = 180^{\circ}$) para el nodo descendente.

Por su parte, el eje de rotación del Sol está inclinado con respecto a la perpendicular al plano de la eclíptica un ángulo (ρ) de $7^{\circ} 15'$ y su orientación (acimut) es tal que el polo Norte mira hacia el punto que ocupa la Tierra el día 8 de Septiembre ($\lambda_S = 166,2^{\circ}$).

Hagamos gimnasia mental con la Figura 15: si el eje de rotación del Sol estuviera orientado hacia el equinoccio otoñal (el día 22 de Septiembre), en vez de hacia la posición del día 8 (14 días antes), este día desde la Tierra se vería al polo Norte solar inclinado un ángulo de $23^{\circ} 26'$ hacia el Oeste (hacia la izquierda) y $7^{\circ} 15'$ hacia la Tierra.

Pero como el acimut del polo Norte solar es el del punto que ocupa la Tierra el día 8 (14 días antes del equinoccio), tanto el eje de la Tierra como el eje del Sol se ven mutuamente con una inclinación ligeramente menor que dichos valores máximos.

El aspecto del eje solar, así como de los paralelos solares, que vistos desde la Tierra el día 8 de Septiembre se curvan hacia el NE, es el que mostramos en la Figura 16.

Correspondientemente, el día 7 de Marzo (14 días antes del equinoccio vernal) es el polo Sur solar el que aparece orientado hacia la Tierra con idéntica inclinación hacia el SE.

En su circunvalación del Sol, el eje de la Tierra resulta alineado (coplanario) con el eje del Sol los días 6 de Enero y 7 de Julio, o sea, casi en el perihelio y en el afelio. En la Figura 15 hemos mostrado cómo el plano que determinan las posiciones del eje terrestre esos dos días contiene al eje solar, aunque las inclinaciones entre los mismo no coinciden.

En consecuencia, el aspecto del eje de rotación del Sol el día 6 de Enero, visto desde la Tierra, es vertical, aunque con el polo Sur inclinado hacia la Tierra (ver Figura 16) Y el día 7 de Julio también vertical, pero ahora con el polo Norte inclinado hacia la Tierra.

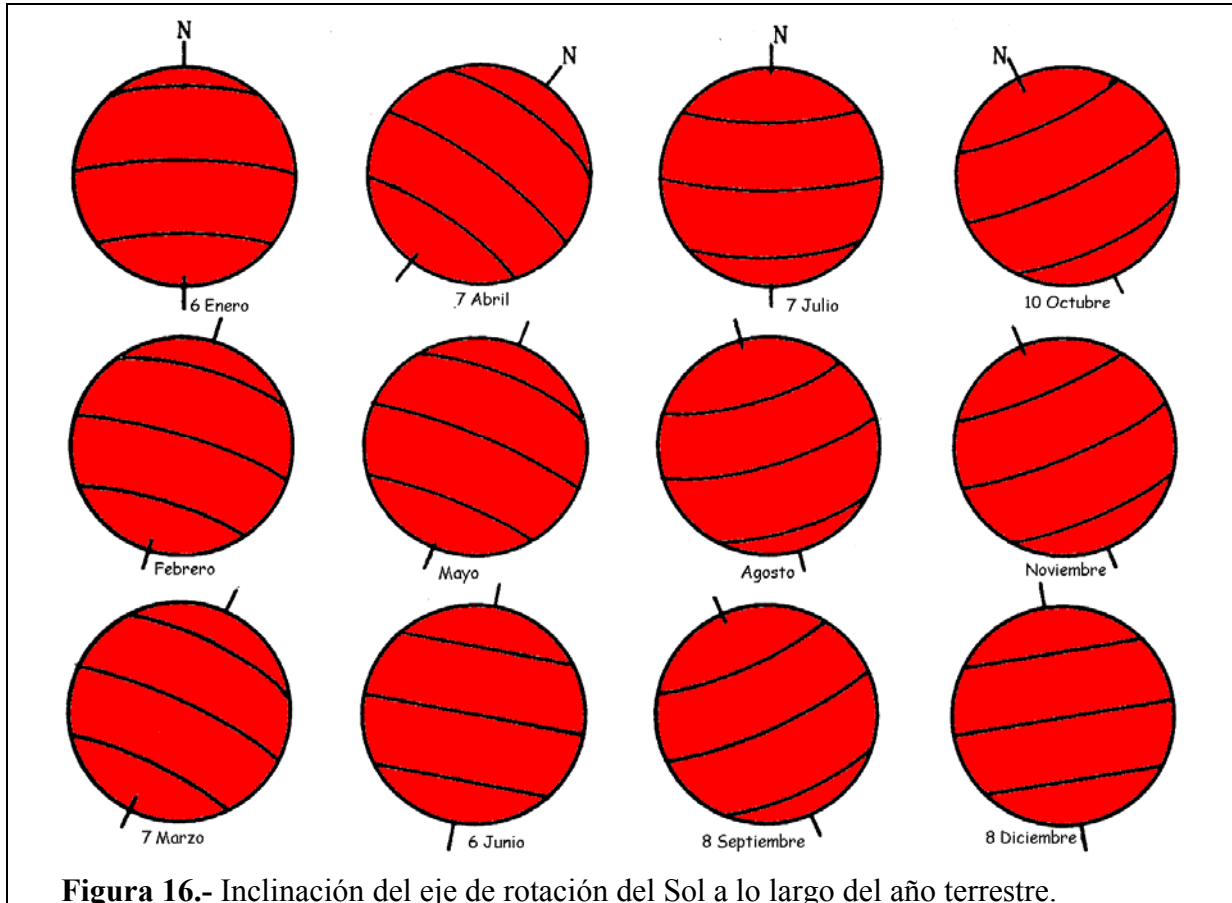


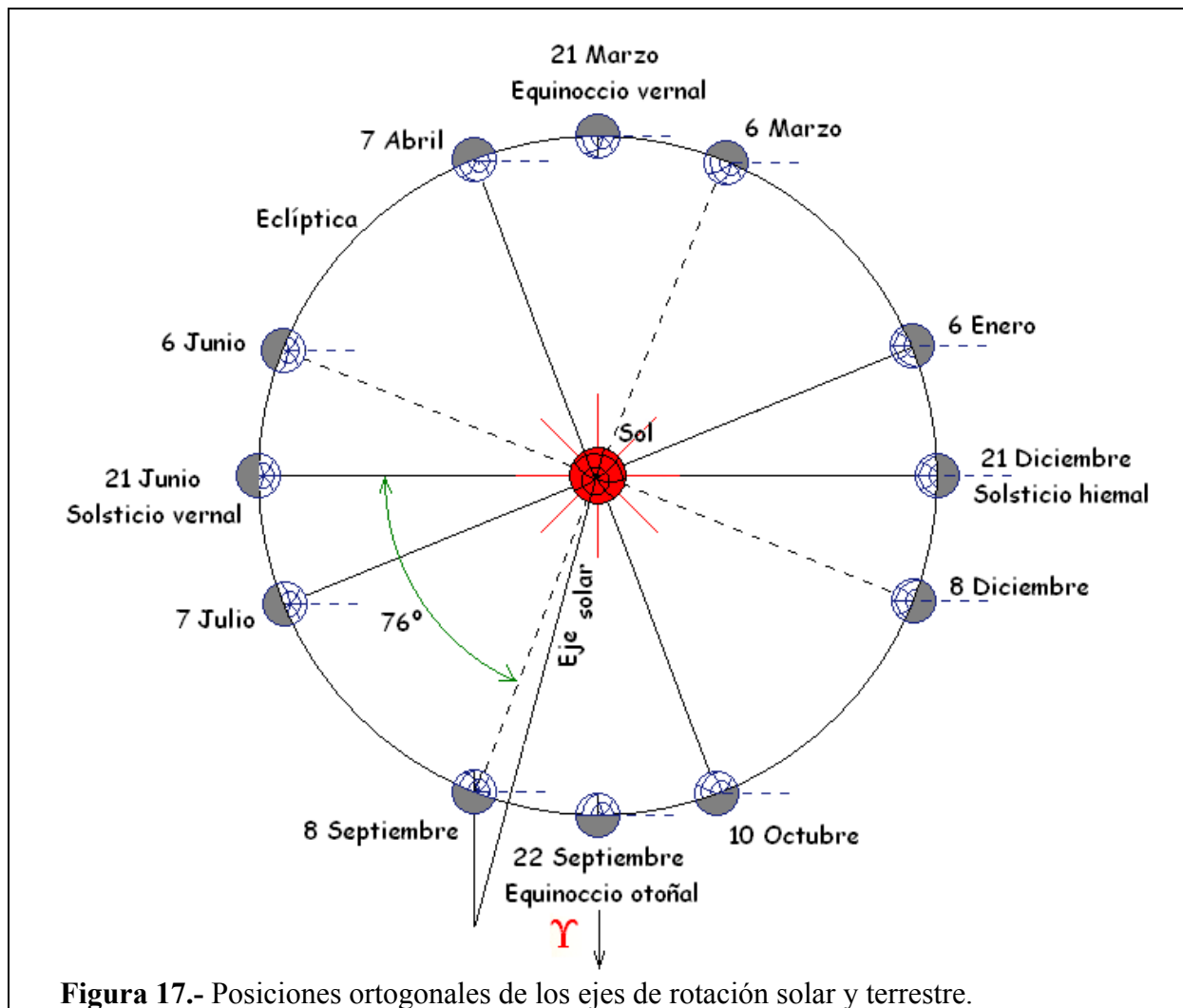
Figura 16.- Inclinación del eje de rotación del Sol a lo largo del año terrestre.

Ahora, para completar el panorama del aspecto del eje de rotación del Sol visto desde la Tierra a lo largo del año, que hemos representado en la Figura 16, y calcular el ángulo de posición del eje solar utilizando la ecuación [1] del anuario, conviene cambiar de escenario y considerar la visión normal al plano de la eclíptica, aunque despreciando su excentricidad por exigua y, por tanto, con el Sol situado en el centro. Tal es el esquema de la Figura 17.

En ella, el eje de rotación del Sol aparece con la inclinación (ρ) de $7^\circ 15'$ con respecto a la perpendicular a la eclíptica (el plano del papel) y orientado de modo que el acimut del polo Norte coincide con el punto de la eclíptica que ocupa la Tierra el día 8 de Septiembre.

Notemos que las proyecciones sobre la eclíptica de ambos ejes de rotación de la Tierra y del Sol, forman entre sí un ángulo de 76° .

Se define **ángulo de posición** (P) del eje de rotación del Sol al que forma dicho eje con la dirección Norte, visto desde la Tierra. Acabamos de ver que, aunque el ángulo de inclinación (ρ) es constante, el ángulo de posición (P) varía a lo largo del año sidéreo, es decir, con la longitud eclíptica del Sol (λ_s). Analizaremos otros puntos importantes.



Comencemos por el día 6 de Enero ($\lambda_S = 297^\circ$), en el que ya sabemos que los ejes son coplanarios y que, por tanto, visto desde la Tierra el eje solar se halla en el plano vertical, aunque con el polo Sur orientado hacia la Tierra. Por ello, como indica la Figura 16, los paralelos y el ecuador solares se ven como arcos orientados hacia el Sur y centrados sobre el meridiano central del disco solar.

A medida que la Tierra se desplaza por la eclíptica, en Febrero, la alineación de ejes se va perdiendo con el resultado de que, visto desde la Tierra, el eje de rotación del Sol se va inclinando cada vez más hacia el Oeste (la derecha) y el polo Sur es cada vez más visible.

El 6 de Marzo ($\lambda_S = 345^\circ$) la Tierra se alinea con el eje solar, de modo que el polo Sur del mismo resulta inclinado hacia ella. Por tanto, el ángulo de posición de dicho eje toma ese día el valor de la oblicuidad, o sea $-23^\circ 26'$ y la visibilidad del polo Sur desde la Tierra es máxima. Esto es lo que indica la Figura 16.

La máxima inclinación aparente del eje de rotación del Sol ocurre cuando la Tierra se ha desplazado 90 grados con respecto a su posición del 6 de Enero, o sea, el día 7 de Abril ($\lambda_S = 17^\circ$), porque en estas condiciones la línea visual Tierra-Sol es perpendicular al plano que contiene los ejes de rotación del Sol y de la Tierra. Notemos que desde este punto se ve el polo Sur solar orientado hacia la Tierra, aunque ahora ligeramente.

A partir de esta posición, en Mayo, el ángulo de posición del eje solar disminuye (en valor absoluto) al tiempo que el polo Sur se acerca al limbo solar.

El día 6 de Junio ($\lambda_S = 75^\circ$) la Tierra se alinea con el nodo descendente del ecuador solar, de modo que ningún polo solar queda inclinado hacia ella, sino que ambos aparecen en el limbo. Por esta razón los paralelos solares se muestran como líneas rectas inclinadas todavía hacia el Oeste (la derecha).

El 7 de Julio ($\lambda_S = 106^\circ$) la Tierra vuelve a situarse en el plano que contiene a ambos ejes de rotación. En consecuencia, el ángulo de posición del eje solar vuelve a anularse, aunque ahora con el polo Norte ligeramente orientado hacia la Tierra, de modo que el ecuador y los paralelos solares se ven como arcos orientados hacia el Norte y centrados en el meridiano central del disco solar.

Durante el mes de Agosto ocurre exactamente lo contrario que en Febrero: la alineación de ejes se va perdiendo, con el resultado de que el eje de rotación del Sol se va viendo desde la Tierra cada vez más inclinado hacia el Este (la izquierda) y el polo Norte gana visibilidad.

El 8 de Septiembre ($\lambda_S = 166^\circ$) la Tierra vuelve a alinearse con el eje solar, esta vez con el polo Norte inclinado hacia el Este (la izquierda). Por tanto, el ángulo de posición de dicho eje toma ese día el valor de la oblicuidad, o sea $23^\circ 26'$ y la visibilidad de dicho polo Norte desde la Tierra es máxima, como se ve en la Figura 16.

La máxima inclinación del eje solar vuelve a producirse cuando la Tierra se desplaza 90 grados con respecto a la posición del 7 de Julio, o sea, el 10 de Octubre ($\lambda_S = 198^\circ$). En estas condiciones la línea visual Tierra-Sol vuelve a ser perpendicular al plano que contiene los ejes de rotación del Sol y de la Tierra. Notemos que desde este punto todavía se ve el polo Norte solar ligeramente orientado hacia la Tierra.

Durante el mes de Noviembre ocurre lo contrario que en Mayo: el ángulo de posición del eje solar disminuye al tiempo que el polo Norte retrocede hacia el limbo solar.

Finalmente el 8 de Diciembre ($\lambda_S = 257^\circ$) la Tierra se alinea con el nodo ascendente del ecuador solar, con lo que ningún polo queda inclinado hacia ella. Por esta razón, los paralelos solares se muestran como líneas rectas inclinadas todavía hacia el Oeste (la izquierda).

Esta variación del ángulo de posición P del eje de rotación del Sol con respecto a su longitud eclíptica λ_S , es lo que reflejan los dos términos de la ecuación [1] del anuario del Observatorio Astronómico de Madrid. El primero ($-23^\circ 26' \cos \lambda_S$) da cuenta de la variación de la inclinación del eje terrestre vista desde el Sol y el segundo [$-\rho \cos (\lambda_S - 75^\circ)$], de la variación de la inclinación del eje solar visto desde la Tierra, teniendo en cuenta el ángulo que forman entre sí las proyecciones de ambos ejes sobre el plano de la eclíptica. Los signos negativos de ambos términos se deben a la convención que se emplea comúnmente.

Ahora que ya conocemos el significado de la ecuación, podemos tabular los valores del ángulo de posición del Sol para los días significativos que hemos señalado más arriba, haciendo uso de la misma. El resultado es la Tabla XIII.

TABLA XIII

Día	λ_s	P
21 Marzo	0°	-25° 18'
07 Abril	17°	-26° 18'
06 Junio	75°	-13° 24'
21 Junio	90°	-07° 06'
07 Julio	106°	00°
08 Septiembre	166°	22° 48'
10 Octubre	198°	26° 18'
08 Diciembre	257°	13° 06'
06 Enero	297°	00°
06 Marzo	345°	-22° 48'

El siguiente paso es utilizar la ecuación [1] para calcular el ángulo de posición del eje de rotación del Sol el día que nos preocupa, el 1 de Agosto ($\lambda_s = 129^\circ$). El resultado es $10^\circ 54' \approx 11^\circ$ y lo hemos representado en la Figura 18.

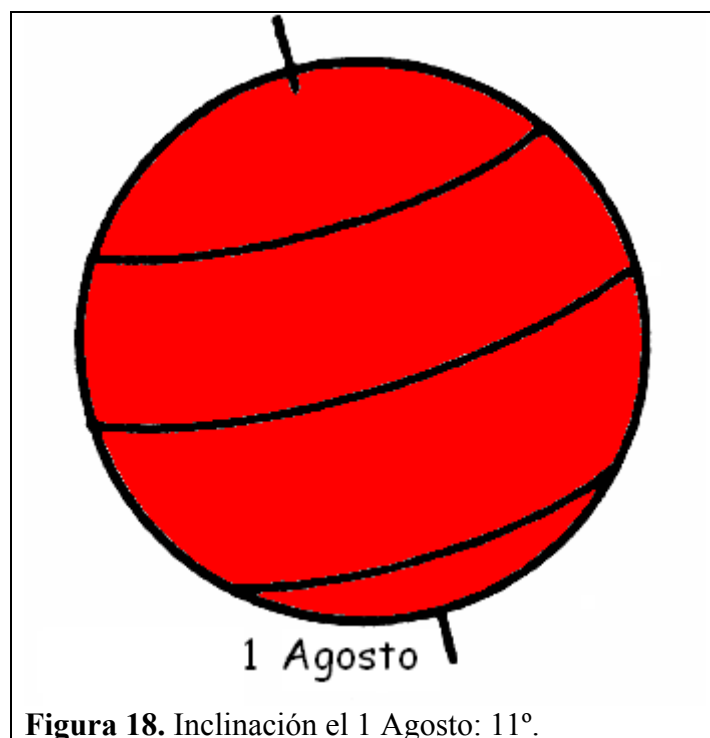


Figura 18. Inclinación el 1 Agosto: 11° .

La Figura 18 muestra el ángulo de posición del eje solar, o sea, con respecto al Norte celeste. Ahora es preciso convertirla para que muestre la inclinación del eje solar sobre el horizonte de Yiwu, a la hora del máximo del eclipse. La Figura 19, producida por Toño Bernedo, muestra la situación de los cuatro planos, paralelo celeste que pasa por el centro del disco solar, horizonte de Yiwu, eclíptica y ecuador solar.

Ahora obremos con cautela, porque para orientar la cámara en el telescopio hay que tener en cuenta la inversión de imágenes que introduce éste y la posible transposición derecha-izquierda que añade un prisma cenital. Estos factores han de tenerse en cuenta en cada caso particular, valiéndose de comprobaciones experimentales con el eje de declinación de la montura (que determina la dirección del meridiano celeste) y la deriva del Sol cuando se para el motor de seguimiento (que determina la posición de la eclíptica).

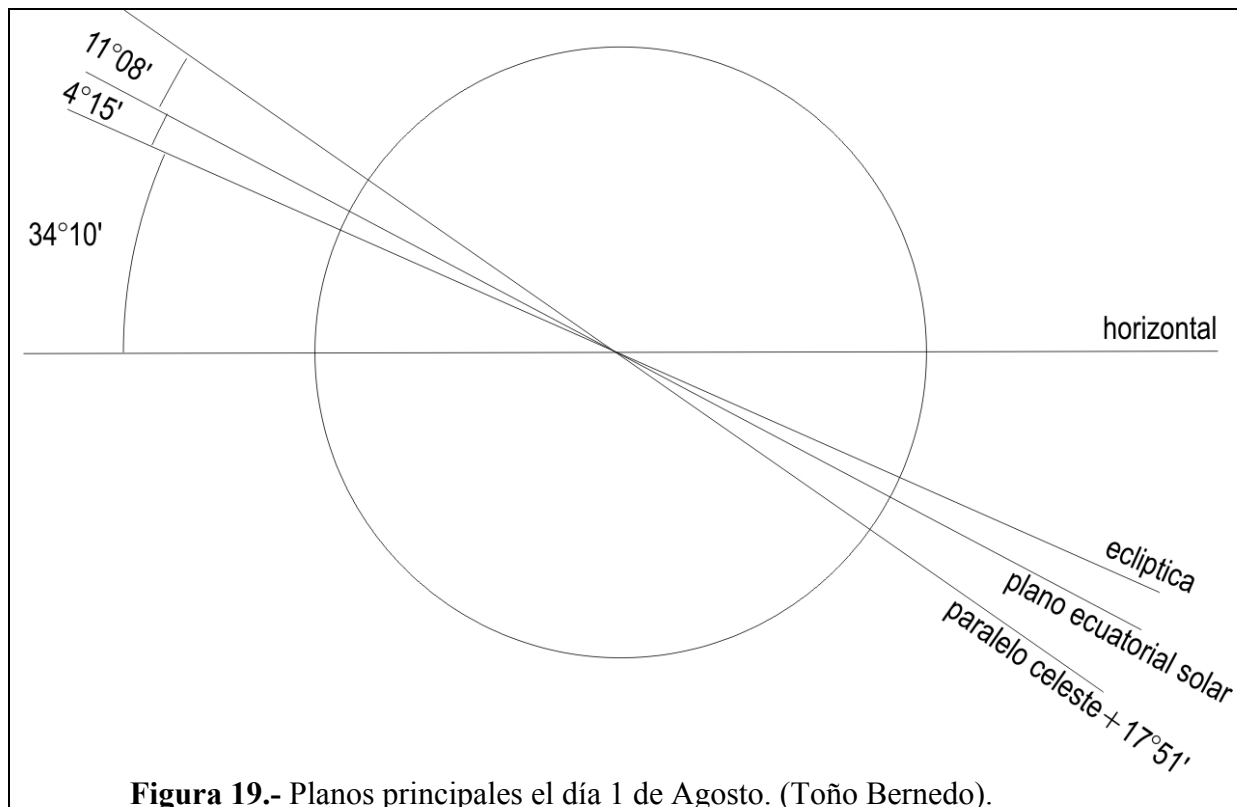


Figura 19.- Planos principales el día 1 de Agosto. (Toño Bernedo).

3) Otras actividades.-

De acuerdo con el Orden del Día establecido en la primera Reunión Técnica de Preparación del Eclipse, mantenida en la Sala entre Cúpulas de la Facultad de Físicas de la UCM el miércoles día 2 de Julio, las actividades a desarrollar, a además del cronometraje y las fotografías, serán las siguientes:

- Observación del eclipse en la longitud de onda $H\alpha$ con telescopio PST;
- Cámara provista de filtro polarizador, para la corona;
- Cámara con objetivo ojo de pez para captar los astros visibles durante la totalidad;
- Cámara con espectrógrafo funcionando a intervalo fijo durante todo el eclipse;
- Cámaras de ambiente, que recojan los fenómenos antropológicos durante el evento;
- Cámara para captar las bandas de interferencia y las imágenes de “cámara oscura”;
- Registro acústico (MP3) de los sonidos producidos por personas y animales;
- Video del eclipse tomado con filmadora digital;
- Medida de la variación de la luminosidad mediante luxómetro;
- Registro de fenómenos climáticos medidos con estación meteorológica automática;
- Intento de detección de perturbaciones gravitatorias, mediante GPS;
- Radio-observación del fenómeno con el radiotelescopio JOVE.

Todos los expedicionarios fuimos animados a participar en cuantas actividades tengamos posibilidad, no importando, sino todo lo contrario, la redundancia que pueda existir en los datos que se obtengan. En cumplimiento de esta directiva, todos declaramos los instrumentos que pensamos portar a China.

La dificultad de captar fotográficamente los detalles de la corona solar acaparó la atención general, siendo muchas las personas que mostramos interés por esta actividad. La gran extensión de la corona exterior aconseja utilizar telescopios de focal corta (menor de 500 mm), lo que supuso una limitación para el instrumental a transportar a China.

Otra limitación no menos importante es la del peso y el tamaño que se puede transportar en el equipaje de mano, ya que nadie en su sano juicio expondría la integridad de su costoso instrumental óptico a las vicisitudes de pérdida y mal trato que sufre el equipaje facturado por parte de los empleados de las compañías aéreas.

Por estas razones, se impusieron los telescopios apocromáticos cortos tipo Megrez, de 60 u 80 mm de abertura y 500 o 640 mm de focal. Y también las monturas altacimutales compactas, tipo Cube, capaces de aceptar dos instrumentos, telescopio y filmadora.

Seguidamente incluimos el acta de la Reunión Preparatoria, elaborada por Jaime Zamorano, en la que se detalla el instrumental que llevará cada observador y los equipos de trabajo que colaborarán juntos en las tareas elegidas.

Expedición UCM Eclipse Total de Sol en China

Instrumental astronómico disponible

Alex Sánchez, Elena Manjavacas, Paco Ocaña

- PC Portátil
- Cámara Nikon D70 + 300mm VR
- Cámara Nikon D300 + ETX90
- Cámara Atik+Ojo de pez
- Cámara WATEC
- GPS Garmin EMAP + HP nmea GPS
- Montura LXD75

Ignacio Cárdenas y familia

- Estación meteo portátil SILVA ADC Data logger
- Luxómetro PCE 172

Antonio José Herrero (y Miguel H)

- Videocámara Canon XM2 zoom x 20 fluorita semiprofesional
- Videocámara Sony Handycam Hi8
- Cámara de fotos reflex electrónica Sony R1 10 Mpixels
- Cámara de fotos de bolsillo
- Posible PST paso de banda < 0.5 A (telescopio H alfa)
- Filtros

Jaime Izquierdo

- Montura Cube
- Cámara Canon 450D + telescopio 2x380mmx1.6 para protuberancias
- Cámara Video JVC → imagen directa
- Cámara fotos LUMIX FX01 en video para ambiente (bandas de sombra)
- Cámara LUMIX FZ5: corona y máximo angular (planetas).
- GPS (Garmin Vista)

Jaime Zamorano

- Montura Cube
- Cámara Canon 450D + 1.6x300mm + red difracción → espectro
- Cámara Video Sony + red → espectro
- Cámara Video Sony ambiente y bandas de sombra y grabador MP3.

Nicolás y Mercedes Ortego

- Perlas ¿vibran? y Protuberancias Z76 Willians Optics
- Panorama en gran angular.
- Compacta Olympus filmación de ambiente de totalidad.

Elisa Toloba y Guillermo Barro

- Panasonic + trípode sencillo. Corona en totalidad (HDR).

Juan Carlos Muñoz

- Por determinar. Corona en totalidad (HDR).

Alberto Martos, José Antonio y Mar

- Prismáticos 20x70mm con filtro sobre trípode.
- Maksutov 90mm (1200mm focal) + Canon 350D + montura EQ2
- GPS (medidas relativista)
- Termómetro de dos sondas (graba máx y min sólo)
- Grabador MP3 para grabar sonido ambiente.
- Radiotelescopio (Radio Jove)

José Luis González

- Cámara Canon 350D + 1.6x(17mm-85mm) → totalidad gran angular para registrar los planetas.
- Video Canon HDF10. Bandas de sombra

Toño Bernedo

- Minolta Dimage 7 3x 200mm + trípode sencillo. Serie completa del eclipse. (La clásica tira)
- Corona en totalidad. Apilado de imágenes. Comparación con los eclipses de 1999 y 2006.

Equipos y misiones

Video ambiente y bandas de sombra	González, Ortego, Izquierdo, Zamorano, CC. Información
Imágenes de gran campo	Ocaña, González
Corona (HDR?)	Bernedo, Alex, Muñoz, Barro, Toloba
Protuberancias	Ortego, Izquierdo, Martos, Alex
Video totalidad	Herrero, CC Información
Meteorología, luminosidad	Cárdenas
Espectros	Zamorano
Anomalías GPS	Martos, Cárdenas, Izquierdo, Alex
Ritmo cardíaco	González, Izquierdo, Zamorano
Polarimetría	Manjavacas, Lillo
Imagen en Halfa	Herrero

Ejemplo de participación en las tareas de observación del eclipse.

De acuerdo con el criterio expuesto en las Reuniones Preparatorias, cada grupo de participantes en la expedición a China debe procurar desarrollar cuantas actividades le permita el material de que dispone. En el integrado por Mar, José Antonio y Alberto nos proponemos llevar a cabo las observaciones detalladas en el apartado anterior y colaborar en algunas otras para contribuir a la redundancia de datos, aunque con material menos especializado que el que utilizarán otros grupos que han expresado su dedicación a ellas.

Comoquiera que se prevé abundancia de telescopios “cortos” (tipo Megrez, de 6 u 8 cm de abertura y f/6), nosotros utilizaremos un telescopio “largo” (120 cm de focal y 9 cm de abertura), aunque compacto (diseño Maksutov), guiado con montura ecuatorial ligera (EQ2) provista de motor en AR y mando flexible en DEC, como se ve en la foto 10.

Las fotografías (destinadas a componer un video) se tomarán con una cámara Canon Eos 350D, acoplada al telescopio y controlada por un intervalómetro para efectuar una foto cada 20 segundos, además de las ráfagas que hemos mencionado en el apartado de cronometraje y fotografía (unas 450 fotos en total, o 700 Mb en alta resolución). Tanto el telescopio como el buscador, irán equipados con filtros solares del Baader Planetarium.



Foto 10.- Telescopio y montura.



Foto 11.- Buscador y cámara.

La ausencia de telescopio guía se suplirá substituyendo el diminuto antejo buscador del telescopio Maksutov, por el buscador de 6x30 del telescopio Megrez, cuya patilla de sujeción ha tenido que ser “adaptada” a la cola de milano del telescopio (foto 11).

La foto 12 muestra el instrumental (adecuado y “adaptado”) de nuestra tentativa de colaboración en varios de los experimentos programados.



Foto 12.- Despliegue del instrumental.

- 1.- Filtros solares para el telescopio Maksutov y el buscador.
- 2.- Reloj digital con avisador para usos múltiples.
- 3.- Termómetro digital con doble sonda y con registros de máxima y mínima, para contribuir a la medida de la variación de temperatura.
- 4.- Intervalómetro para secuencia de disparo (1 foto cada 20 segundos).
- 5.- Exposímetro de medida directa de la luminosidad para contribuir a la medida de la variación de luminosidad.
- 6.- Cámara Canon 350D.
- 7.- Anillo T para acoplamiento al telescopio.
- 8.- Tarjeta de memoria (1 Gb) destinada al eclipse.
- 9.- Batería de repuesto.
- 10.- Cargador de baterías.
- 11.- Ocular ortoscópico de 25 mm para ver el disco solar completo.
- 12.- Casquillos alargadores con anillo de enclavamiento para parafofocalización del ocular con la cámara.
- 13.- Cámara Canon FT con teleobjetivo de 600 mm (300x 2) para fotografiar la penumbra.
- 14.- Filtro polarizador para exposiciones polarimétricas de la corona.
- 15.- Trípode liviano para la cámara con teleobjetivo.
- 16.- Cable para disparo remoto.
- 17.- Cámara Canon Pellix con objetivo de 15 mm gran angular (90°) para fotografiar los planetas durante la totalidad.
- 18.- Minitripode para sujetar la cámara con objetivo gran angular.
- 19.- Cable para disparo remoto.
- 20.- Visor acodado para vista cenital para la cámara montada en el minitripode.
- 21.- Perilla con pincel para limpiar el polvo de la óptica.
- 22.- Receptor de señales GPS para el experimento relativista.
- 23.- Brújula para posicionamiento previo (de día) de la montura.
- 24.- Nivel doble para posicionamiento previo de la montura.
- 25.- Grabador MP3 para sonido ambiental y notas de temperatura y luminosidad.
- 26.- Gafas especiales para eclipses.



Foto 13.- Ocular parafocalizado

La foto 13 muestra el ocular ortoscópico de 25 mm, escogido por su focal para ver el disco solar entero, provisto de los casquillos alargadores y del anillo de fijación que marca la posición parafocal con la cámara Canon. Con este sistema el enfoque de la cámara se realiza colocando el espejo deflector de modo que la luz se desvíe hacia el ocular, que se enfoca normalmente y luego se abate dicho espejo para que la luz llegue directamente a la cámara.

Naturalmente, durante el eclipse la imagen del Sol solamente se podrá vigilar a través del visor de la cámara, ya que el ocular quedará desviado de la luz solar. En caso de necesidad también puede utilizarse el buscador para reorientar el telescopio.



Foto 14.- Prismáticos de 20 x 70 con trípode y filtro solar.

La foto 14 muestra los prismáticos de 20 aumentos y 70 mm para la observación visual del eclipse. Van montados sobre un trípode robusto, mediante adaptador especial, para poder ser orientados y manipulados con comodidad.

La utilidad de estos prismáticos es óptima durante las fases de parcialidad, ya que van provistos de filtro solar tipo Thousand Oaks, por lo que la gran imagen en luz amarilla que entregan es agradable para seguir el progreso de la ocultación.

En el caso del eclipse que nos ocupa, en el que la altura del Sol será moderada, la visibilidad con estos prismáticos será muy confortable.

Por último, nuestro grupo tratará de registrar el eclipse del Sol por la Luna utilizando el radiotelescopio JOVE, cuyo despliegue se puede ver en la foto 15. Este instrumento ha sido cedido amablemente por Rocío Guerra (Estación Espacial de Villafranca).



Foto 15.- El radiotelescopio JOVE y sus accesorios.

- 1.- Receptor del radiotelescopio.
- 2.- Antena con los brazos del dipolo enrollados.
- 3.- Altavoz miniatura.
- 4.- Auriculares miniatura.
- 5.- Manual de NASA.
- 6.- Alimentador a 220 v CA.
- 7.- Conexión a la batería de un automóvil por el encendedor.
- 8.- Porta-pilas para alimentación en el campo.
- 9.- Cordel para arristrar las pértigas (de bambú) que sujetarán el dipolo.

Las pruebas del radiotelescopio consistieron en tres registros recogidos con la grabadora MP3 un sábado (para evitar parásitos industriales), el primero cuando el Sol cruzaba el meridiano del observatorio (12:00 TU), el segundo una hora después de la puesta del Sol (20:00 TU) y antes del orto de Júpiter y el tercero a la hora en que culminaba Júpiter.

Para eliminar la posibilidad de confundir parásitos industriales diurnos con las emisiones solares, estas mismas pruebas repetirán en el observatorio la noche anterior al eclipse.

El experimento con GPS consiste en comparar la dispersión que se produce durante el eclipse en las cifras decimales **no significativas** con que se registra la posición sobre la Tierra con un modelo comercial (Garmin, Etrex), con la que se obtiene fuera de la sismicidad, tratando de detectar si se produce alguna perturbación gravitatoria en la órbita de los satélites.

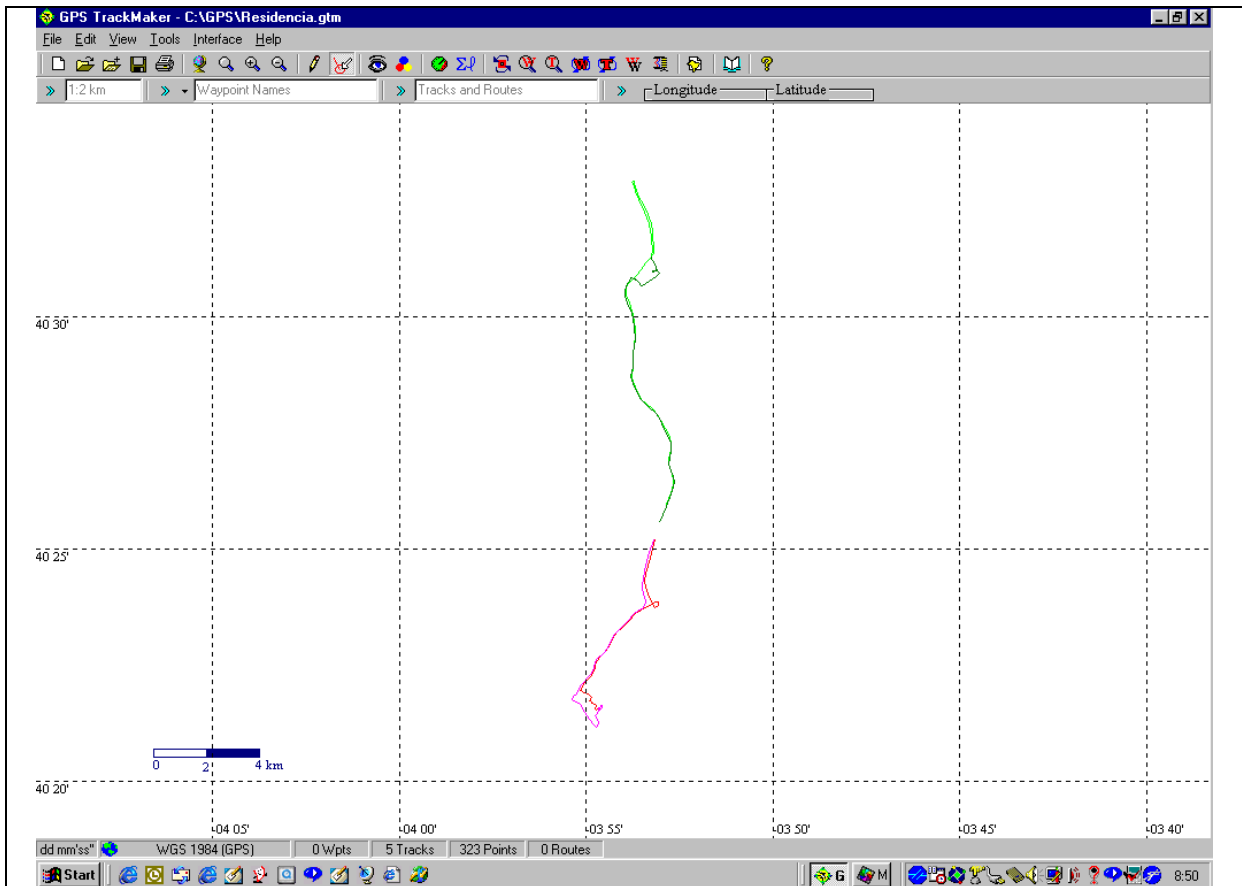


Figura 20.- Ejemplo de itinerario entre Villaviciosa y Las Rozas (Madrid).

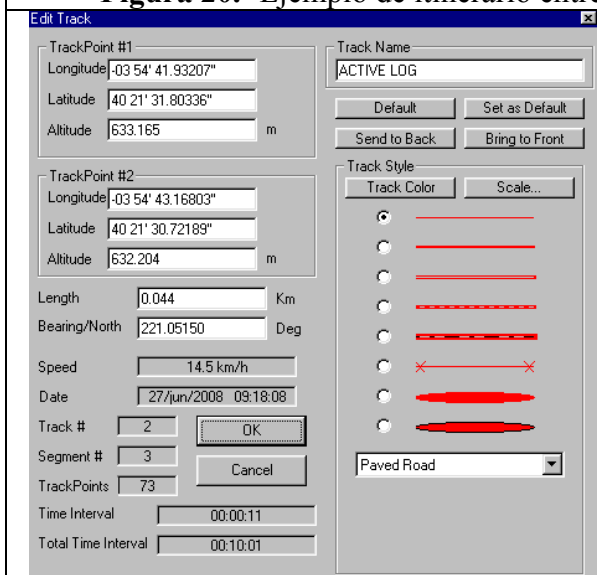


Figura 21.- Ejemplo de datos de un tramo.

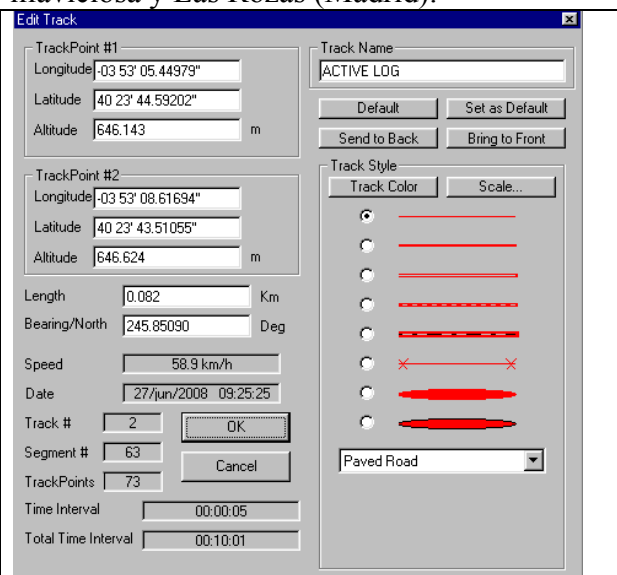


Figura 22.- Otro ejemplo de datos.

La figura 20 muestra un itinerario recorrido por uno de los autores (Alberto) y las figuras 21 y 22, sendos ejemplos de los datos disponibles. Nótese que los segundos de latitud y longitud (1 seg = 30 m) poseen cinco cifras decimales (¡0,3 mm!).

Además de las actividades declaradas en la Reunión Preparatoria, nuestro grupo se propone colaborar en otras cuatro actividades: la medida de la variación de la temperatura, la medida de la variación de la luminosidad, la fotografía de la corona con filtro de luz polarizada y la fotografía de gran ángulo del entorno del Sol durante la totalidad.



Foto 16.- Calibración del cero.



Foto 17.- Calibración del extremo de temperaturas elevadas (60°).

La foto 16 muestra el procedimiento de calibración de 0° C de la sonda externa del termómetro, mediante un recipiente con agua y hielo. El error fue de +0,5 grados.

La foto 17 muestra el método de calibración para el extremo de temperaturas elevadas (60°). La comparación con el termómetro de laboratorio, que marcaba 61° C en el instante de la medida, arrojó un error de 1,2° C.

Para la medida de la variación de luminosidad durante la totalidad hemos incluido un fotómetro tomado del laboratorio fotográfico. Se trata de un instrumento Ilford para luz directa, que se adapta bien a la medida de la luminosidad ambiental, salvo que, lógicamente, resulta demasiado sensible para la luz solar. Por ello, hemos recurrido a dos métodos para atenuar la luz de manera uniforme: mediante filtros polaroides cruzados (foto 18) o mediante las gafas especiales para eclipses (foto 19).



Foto 18.- Prueba con polaroides cruzados.



Foto 19.- Prueba con gafas para eclipses.

En ambas fotografías se puede comprobar que la luminosidad a mediodía es muy elevada, ya que el piloto verde que indica equilibrio, se enciende en las primeras graduaciones (5 y 10 segundos) de la escala. Esto nos permite abrigar la esperanza de que el instrumento capte la luz durante la totalidad.



Foto 20.- Canon Pellix con teleobjetivo.



Foto 21.- Canon FT con gran angular.

Las dos últimas actividades en que nuestro grupo pretende colaborar consisten en la fotografía de la corona solar con filtro de luz polarizada y la fotografía del entorno del Sol durante la totalidad, con gran angular.

De acuerdo con la figura 14, la focal para captar la corona a 0,8 radios solares con una cámara de película química puede ser de hasta 1000 mm. Sin embargo, debido a la carencia de montura ecuatorial para esta cámara, nosotros decidimos reducirla a 600 (300 x 2) al objeto de reducir la exposición a 2 segundos, en concordancia con la Tabla XII, para una sensibilidad de 400 ASA y la focal citada con un diafragma 11 (5,6 x 2).

Pero la gran dificultad de transportar varios trípodes hasta China, con la limitación de peso impuesta por las compañías aéreas (20 Kg) nos obliga a utilizar un trípode liviano que pueda incluirse en el equipaje de mano. Es el caso del trípode liviano que muestra la foto 20, que si bien resulta demasiado sensible a las vibraciones, no obstante solamente deberá efectuar dos disparos, cada uno con la posición del polaroide rotada 90 grados.

La última actividad de que nos vamos a ocupar consiste en fotografiar el entorno solar durante la totalidad, con una exposición larga que permita captar los planetas y las estrellas brillantes a su alrededor.

Nosotros usaremos una cámara Canon FT con objetivo gran angular de 15 mm (35 x 0,42), cuyo campo es tan ancho ($\approx 90^\circ$) que produce aviñetamiento en la película.

Nuevamente el mayor inconveniente es el trípode. Por las mismas razones que en el caso anterior, nosotros utilizaremos un minitrípode de sobremesa y por si en el campo resultara imposible encontrar una superficie donde colocarlo, le adosaremos un visor acodado (foto 21) que permita encuadrar desde el suelo sin demasiadas molestias.

La exposición de esta cámara será ligeramente menor que la duración de la totalidad, para que la aparición del anillo de diamantes no borre el registro de los astros. Lo estableceremos en 90 segundos, que dada la cortísima focal, no producirán emborronamiento de la imagen.